

Inka Aitto-oja, Juha Sinervä

Tuotannon häiriöiden analysointi

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Tuotantotalouden koulutusohjelma
Joulukuu 2017**

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Joulukuu 2017	Tekijä/tekijät Inka Aitto-oja, Juha Sinervä
Koulutusohjelma Tuotantotalous		
Työn nimi TUOTANNON HÄIRIÖIDEN ANALYSOINTI		
Työn ohjaaja Tapio Malinen		Sivumäärä 64 + 1
Työelämäohjaaja		
<p>Opinnäytetyön aiheena oli tuotannon häiriöiden analysointi eräällä sahalaitoksella. Työ pohjautui yrityksen häiriöjärjestelmästä saatuun dataan, jota käsitelimme Lean Six Sigman DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmän mukaisesti. Työn päätavoitteena oli kerätä tietoa toimeksiantajayritykselle sahalaitoksella tapahtuvista häiriöistä, niiden taloudellisista ja tuotannollisista vaikutuksista sekä samalla tutkia, kuinka tuotannossa tapahtuvaa vaihtelua voisi pienentää. Lisäksi työn tarkoitus oli oppia hyödyntämään Six Sigmaa tuotannollisten ongelmien ratkaisussa.</p> <p>Työ alkaa teoriaosuudella, jossa kerromme Six Sigmasta ja työssä käytetystä DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmästä sekä pohditaan Six Sigman käyttökohteita ja pääasiallista käyttötarkoitusta. Tämän jälkeen työ rakentuu teorian ja käytännön osuuksien vuorottelulle DMAIC-menetelmän mukaisesti. Työn käytännön toteutus päättyy parannusvaiheeseen, jossa käydään läpi työn aikana esille tulleet parannusehdotukset.</p>		
Asiasanat Lean, Six Sigma, DMAIC, Six Sigma –työkalut, vaihtelu		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date December 2017	Author Inka Aitto-oja, Juha Sinervä
Degree programme Industrial Management		
Name of thesis ANALYZING PRODUCTION DISRUPTIONS		
Instructor Tapio Malinen	Pages 64 + 1	
Supervisor		
<p>The subject of the thesis was to analyze the production disruptions in a certain sawmill production. The thesis was based on the data that was collected from the company's disturbance system which was handled according to the Lean Six Sigma DMAIC problem-solving methodology. The goal of the thesis was to collect information for the sawmill company on the disruptions and their effect on economy and productivity, and at the same time to find solutions how to reduce the variability in the sawmill production. Moreover, the objective was to learn how to utilize Six Sigma methodology when solving manufacturing problems.</p> <p>The thesis begins with the theory part which discusses Six Sigma and DMAIC problem-solving methodology as well as its applications and the main uses of Six Sigma. After this the work is based on alternation of practical and theoretical parts according the DMAIC-methodology. The practical part of the thesis ends with the improvement phase where the development suggestions which we made during the work are explained.</p>		
Key words Lean, Six Sigma, DMAIC, Six Sigma tools, variation		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

ASETE	Määrittää terien väliset etäisyydet halutun sahatavaran mukaisesti.
BENCHMARKING	Organisaatioiden välistä vertaiskehittämistä. Otetaan oppia muista yrityksistä oman toiminnan kehittämiseksi.
C&E DIAGRAM	Cause&Effect diagram, suomeksi syy-seurauskaavio. Tunnetaan myös nimillä Ishikawa-diagrammi, kalanruotokaavio (Fishbone diagram) ja juurianalyysi (Root Cause Analysis). Visuaalinen esitystapa ongelmaan vaikuttavien asioiden luokittelua ja ongelmanratkaisua varten.
DMAIC	DMAIC on ongelmanratkaisumenetelmä. Lyhenne muodostuu menetelmän viidestä vaiheesta: Define, Measure, Analyze, Improve, Control (määrittele, mittaa, analysoi, paranna ja ohjaa). Vaiheita käydään läpi erilaisten tilastollisten työkalujen avulla.
DOE	Design of experiment, suomeksi koesuunnittelu. Koesuunnittelua käytetään tutkittaessa keskinäis- ja syy-seuraussuhteita.
ERITYISSYY	Prosessiin vaikuttava tekijä, jota ei voida ennustaa ja jolle voidaan löytää selvä syy-seuraussuhde.
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis, suomeksi vika- ja vaikutusanalyysi on systemaattinen riskienarviointi menetelmä, jonka avulla pyritään ennakoimaan laaturiskit ja sitä kautta parantaa asiakastyytyväisyyttä ja vähentää kustannuksia.
INPUT	Prosessin syöte, eli prosessiin tarvittavat tekijät.
JAKOSAHA	Jakopyörösaha sahaa profilointikoneen esivalmistelemaat pelkat asetteen mukaiseksi sahatavaraksi.

LEAN	Lean-toimintamalli on muodostettu tunnetun Toyota Production System -periaatteiden pohjalta. Lean-ajattelulla pyritään parantamaan asiakastyytyväisyyttä, kilpailukykyä ja laatua, sekä pienentämään toiminnan kustannuksia ja lyhentämään läpimenoaikoja. Työn tehokkuus perustuu hukkien poistamiseen ja asiakasarvoa lisäävän työn maksimointiin.
NOLLAHYPOTEESI	Lausuma, jossa ei ole muutosta tai eroa. Tämän lausuman odotetaan olevan tosi, kunnes riittävä todistus on esitetty sen hylkäämiseksi.
OUTPUT	Prosessin ulostulo eli tuotos.
PARETO	Pareto perustuu 20/80-ajatteluun, jossa 80 % seurauksista johtuu 20 % syistä. Käytetään datan tulkinnassa löytämään prosessista vaikuttavat tekijät.
PELKKA	Tukista jäljelle jäävä keskiosa, kun uloimmat sivut ovat poistettu.
PH1	Ensimmäinen pelkkahakkuri, joka hakettaa tukin uloimmat pinnat.
PH2	Toinen pelkkahakkuri hakettaa tukin toiset sivut.
PROFILOINTI	Profilointisahauksessa pelkan nurkat työstetään halutun sahatavaran mukaiseksi ennen jakosahalle menoa.
RTY	Rolled Throughput Yield, suomeksi läpivyörytetty saanto. Määrittelee prosessin todellisen saannon, huomioiden virheet ja jalostamattomat työt.
SAHURI	Sahatyöntekijä.
SATUNNAISSYY	Satunnaissyyt ovat prosessin sisältä tulevia häiriöitä, joiden vaikutus vaihtelee ja joita ei voida ennustaa.
SIGMA σ	Sigma (σ) matematiikassa käytetty merkki, joka kuvaa keskihajontaa eli standardipoikkeamaa.

SIPOC	SIPOC (Suppliers, inputs, process, outputs, customers) kaavio on Six Sigmassa käytetty työkalu, jonka avulla kuvataan prosessiin kuuluvat olennaiset tekijät eli toimittajat, sisääntulot, prosessi, ulostulo, asiakkaat.
SIX SIGMA	Six Sigma on johtamis- ja laatumenetelmä, jossa prosesseja pyritään systemaattisesti parantamaan tieteellisten menetelmien avulla.
VOC	Voice of Customer, suomeksi asiakkaan ääni, on työkalu, jota käytetään kuvaamaan asiakkaiden tarpeita ja tuotteiden kriittisiä ominaisuuksia.
YPS	Ykköspyörösaha, erottaa ensimmäisessä vaiheessa sivulaudat pelkasta.

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 SIX SIGMA JA DMAIC –TYÖKALU	3
3 TUKIN JALOSTAMINEN SAHATAVARAKSI	8
4 MÄÄRITTELYVAIHE	10
4.1 Potentiaalisten Six Sigma -projektien etsiminen.....	11
4.2 Häiriöt maaliskuu 2016.....	11
4.2.1 Häiriöt kesäkuu 2016	13
4.2.2 Häiriöt joulukuu 2016.....	14
4.3 Häiriöiden tuotannolliset ja taloudelliset vaikutukset	15
4.3.1 Häiriöiden vaikutus saantoon	17
4.3.2 Taloudelliset menetykset	20
4.4 Resurssien kohdentaminen.....	22
4.4.1 Asetteenvaihto	22
4.4.2 Kesto alle minuutti	23
4.4.3 Ruuhka.....	23
4.4.4 Mekaaniset häiriöt	24
4.4.5 Teränvaihto.....	26
4.5 Ongelman asetus.....	26
5 MITTAUSVAIHE	28
5.1 Mittausjärjestelmän arviointi ja kehitystarpeet	29
5.2 Ongelman todennus ja nykyisen suorituskyvyn mittaus	31
6 ANALYYSIVAIHE.....	33
6.1 Tarkennettu ongelmanasetus	33
6.2 Hypoteesitestaus ja regressioanalyysi	38
7 PARANNUSVAIHE	43
7.1 Koesuunnittelu.....	43
7.2 Parannusehdotukset.....	44
7.3 Parannuksen toteutus ja johtopäätökset.....	46
8 OHJAUSVAIHE	47
9 BENCHMARKING AVUKSI.....	49
10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA.....	52
LÄHTEET	55
LIITTEET	

KUVIOT

KUVIO 1. Optimoitu prosessi. Ongelmanratkaisumenetelmät seuraavat Six Sigmassa oikeassa järjestyksessä toisiaan	4
KUVIO 2. Tuottajatytyväisyyden ja asiakastytyväisyyden keskinäisvaikutus	6
KUVIO 3. Six Sigman suorituskvyn läpimurtomalli	7
KUVIO 4. Tukin jalostaminen sahatavaraksi	9
KUVIO 5. I-Kortti maaliskuun 2016 häiriöiden kestot	12
KUVIO 6. Pareto-kaavio häiriöiden syistä, maaliskuu 2016.	12
KUVIO 7. I-Kortti kesäkuun 2016 häiriöiden kestot	13
KUVIO 8. Pareto-kaavio häiriöiden syistä, kesäkuu 2016.	13
KUVIO 9. I-Kortti joulukuun 2016 häiriöiden kestot.....	14
KUVIO 10. Pareto-kaavio häiriöiden syistä, joulukuu 2016.	14
KUVIO 11. Yhteenlaskettuna maaliskuun 2016 häiriöiden määrä ja tehollinen työaika.	15
KUVIO 12. Yhteenlaskettuna kesäkuun 2016 häiriöiden määrä ja tehollinen työaika.	16
KUVIO 13. Yhteenlaskettuna joulukuun häiriöiden määrä ja tehollinen työaika	17
KUVIO 14. Maaliskuun 2016 kuutiomäärät ja kuutiomäärät ilman häiriöitä	18
KUVIO 15. Kesäkuun 2016 kuutiomäärät ja kuutiomäärät ilman häiriöitä	19
KUVIO 16. Joulukuun 2016 kuutiomäärät ja kuutiomäärät ilman häiriöitä.....	19
KUVIO 17. Euromääräiset tuotot häiriöt mukaan laskettuna ja ilman häiriöitä (kuusipuu)	20
KUVIO 18. Häiriöllisten ja häiriöttömien tuottojen vertailu vuositasonalla (kuusipuu)	21
KUVIO 19. Yhteenvedo häiriöiden syistä	22
KUVIO 20. Kymmenen yleisintä ruuhkan kohdetta.....	23
KUVIO 21. Mekaanisten häiriöiden kohteet maaliskuussa 2016.	24
KUVIO 22. Mekaanisten häiriöiden kohteet kesäkuussa 2016	25
KUVIO 23. Mekaanisten häiriöiden kohteet joulukuussa 2016	25
KUVIO 24. Yhteenvedo teränvaihdon kohteista	26
KUVIO 25. Asetteen- ja teränvaihdon tuotannollinen vaikutus	27
KUVIO 26. SIPOC-prosessin kuvaus ja mittaukset	28
KUVIO 27. Häiriöiden välinen yhteys	30
KUVIO 28. Asetteenvaihdon keston hajonta	31
KUVIO 29. Teränvaihdon keston hajonta	32
KUVIO 30. Esimerkki jakosahan asetteesta	35
KUVIO 31. Boxplot teränvaihdon kestoista kesä-, joulukuu ja maaliskuussa	37
KUVIO 32. Boxplot vuorojen välisistä eroista asetteen vaihdossa	37
KUVIO 33. Boxplot vuorojen välisistä eroista teränvaihdossa	38
KUVIO 34. Boxplot tekijöiden välisistä eroista	39
KUVIO 35. Yksisuuntainen ANOVA-koe tekijöiden välisistä eroista.....	40
KUVIO 36. ANOVA-kokeen tuloksia.....	41
KUVIO 37. ANOVA-kokeen tarkkuus ja näytteenottomäärän tehokkuus	42
KUVIO 38. Laskentataulukko asetteen keskitärän säätöön.....	46

TAULUKOT

TAULUKKO 1. Laadun parannus ja liiketoimintavaikutus	5
--	---

1 JOHDANTO

Opinnäytetyömme aiheena oli analysoida erään sahayhtiön tuotantolaitoksen häiriöitä sekä samalla tutkia, kuinka sahalaitoksella tapahtuvaa vaihtelua olisi mahdollista pienentää. Työ haluttiin toteuttaa Six Sigmasta menetelmiä käyttäen, mikä herätti heti mielenkiintomme, sillä työssä tuli perehtyä ongelmanratkaisuprosessin jokaiseen vaiheeseen ja aihe liittyi läheisesti opintoihimme. Ensimmäisessä luvussa käymme läpi teoriaa Six Sigmasta ja DMAIC-ongelmanratkaisumenetelmästä ja toinen luku kuvaa prosessia tukin jalostamisesta sahatavaraksi, minkä jälkeen työ jakaantuu DMAIC-menetelmän mukaisesti viiteen eri vaiheeseen. Opinnäytetyön rakenne muotoutuu ongelmaratkaisukeskeisen työn mukaisesti tietoperustan ja käytännön osuuksien vuorottelulle.

Ensimmäinen vaihe oli määrittelyvaihe, jonka tavoitteena oli tunnistaa ja rajata häiriötietoja analysoimalla prosessista ongelma, jonka ratkaisulla olisi yritykselle taloudellista merkitystä olematta kuitenkaan vaikeustasoltaan liian haastava. Määrittelyvaiheessa asetettiin myös projektille tavoite ja aikataulu sekä arvioitiin prosessin sen hetkistä suorituskykyä. Seuraava vaihe oli mittausvaihe, jonka tavoite oli vahvistaa ongelma, tunnistaa potentiaaliset ongelman aiheuttajat ja varmistaa datan laatu arvioimalla häiriöjärjestelmän toimivuutta. Analysointivaiheessa tutkittiin dataa tilastollisten työkalujen avulla, jotta saatiin selville ongelman keskeiset juurisyyt sekä luotiin ongelmalle syy-seuraushypoteesi, joka pyrittiin myös joko vahvistamaan tai kumoamaan. Tämän jälkeen siirryimme parannusvaiheeseen, jossa mahdollisuuksien mukaan testattiin analyysivaiheessa selville saatuja tekijöitä koesuunnittelun avulla ja esitettiin parannusehdotuksemme. Viimeinen vaihe on ohjaus ja valvonta, jonka tarkoitus on luoda järjestelmä, joka varmistaa parannetun tilan säilymisen.

Merkittävä apu työn tekemiseen oli opinnäytetyön kanssa samoihin aikoihin alkanut opintokurssi *Prosessien kehittäminen Lean & Six Sigma*. Kurssilla perehdyttiin DMAIC-menetelmän teoriaan, sekä harjoiteltiin käyttämään Minitab-ohjelmaa, jota käytimme erityisesti häiriötietojen analysointiin. Kirjallisuudesta pääasiallisena lähteenä oli *Six Sigma – Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä*, jonka ovat kirjoittaneet Tanja Karjalainen ja Eero E. Karjalainen. Käytössämme oli myös Quality Know Karjalainen Oy:ltä saatava Six Sigma Roadmap, joka auttoi meitä hahmottamaan projektin peruslinjauksia sekä etenemään projektissa vaihe kerrallaan.

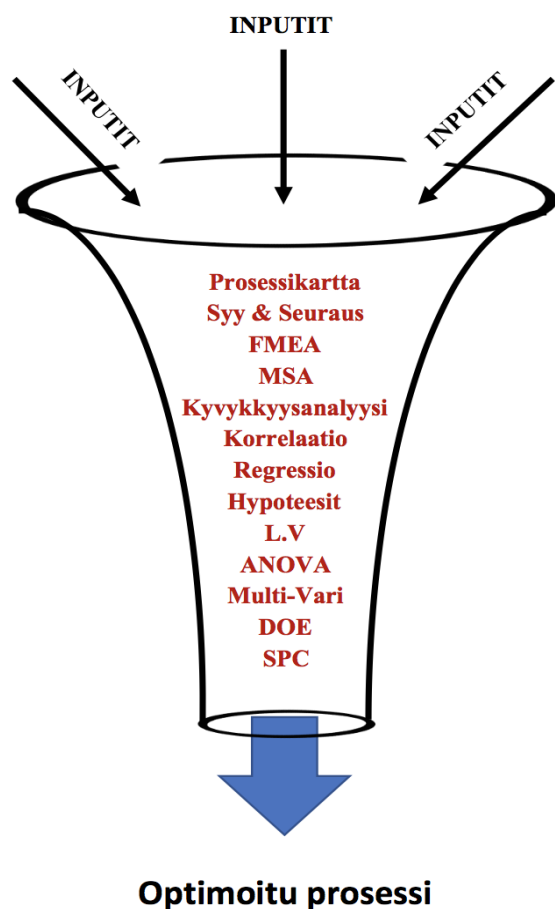
Lean Six Sigma on yhdistelmä kahdesta tehokkaasta prosessien parannusmetodista. Leanin perusperiaatteiden ymmärtämisestä tulee olemaan hyötyä tulevissa ammateissamme, sillä kyseistä johtamisfilosofiaa voidaan käyttää monella tapaa hyödyksi alasta tai työpaikasta riippumatta. Six Sigma opettaa meille lisäksi tilastollisiin menetelmiin ja -ajatteluun perustuvan ongelmanratkaisumenetelmän, jonka avulla on mahdollista tehdä merkittäviä parannuksia prosessiin ja sitä kautta parantaa yrityksen tulosta ja asiakkaiden tyytyväisyyttä. Six Sigmaa voidaan myös käyttää hyödyksi alasta riippumatta, ja sen etuna muihin parannusmetodeihin nähden on selkeästi vaiheistettu eteneminen, tieteellinen ajattelu ja tilastolliset työkalut. Six Sigman parannusmetodi varmistaa myös saavutetun tilan säilyttämisen.

2 SIX SIGMA JA DMAIC –TYÖKALU

Six Sigma on nimitys ajatukselle tuottaa lähes virheettömiä palveluita asiakkaille ja toimia samalla tapana johtaa liiketoimintaa. Tarkoitus on parantaa organisaation jokaista osa-aluetta täyttäen markkinoiden, asiakkaiden ja teknologioiden muuttuvat tarpeet ja samalla tuoda hyötyä työntekijöille, asiakkaille ja osakkaille. Johtamismenetelmän avulla tähdätään tuloksiin, jotka voidaan jakaa seuraaville neljälle osa-alueelle: parantunut asiakastytyväisyys, lyhentynyt läpimenoaika, vähentyneet viat ja ei-jalostusarvotyön väheneminen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 17.)

Mitä Sigma sitten tarkoittaa? Tilastomatematiikassa käytetään Sigmaa (σ) kuvamaan keskihajontaa eli standardipoikkeamaa (standard deviation). Keskihajonnalla taas tarkoitetaan keskimittaa, jonka avulla nähdään kuinka kaukana saadut mittaustulokset ovat keskiarvosta. Mitä enemmän mittaustuloksissa on vaihtelua, sitä suurempi on myös keskihajonta. Six Sigma yksinkertaisuudessaan tarkoittaa vaihtelun minimoimista, eli toimintoja ja tapoja, joilla saadaan vaihtelu mahdollisimman pieneksi. Samalla myös lähes kaikkien tuotteiden tai palveluiden tulisi täyttää asiakkaan odotukset. Nimi Six Sigma (kuusi sigmaa) kuvastaa lähes täydellistä prosessia, jossa tapahtuu vain 0,002 virhettä miljoonaa virhemahdollisuutta kohden, keskiarvosiirtymä huomioiden 3,4 virhettä miljoonaa mahdollisuutta kohden (3,4 ppm – parts per million). Suoraan tuotteeseen tai palveluun laskettuna ei virhemäärää voi laskea. Asiaa on ajateltava siltä kantilta, kuinka monta mahdollisuutta on tehdä virhe kyseisessä tuotteessa tai palvelussa. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 18.)

Six Sigman perustuu etenemiseen selkein askelin tilastollisia työkaluja käyttäen, ja mitään ei jätetä olettusten tai sattuman varaan. Eteneminen tapahtuu DMAIC-ongelmanratkaisumallin avulla, jonka viisi vaihetta ovat määrittele, mittaa, analysoi, paranna ja ohjaa. Menetelmässä kuvataan prosessiin vaikuttavia syytekijöitä (inputit) kirjaimella X. Prosessista saatua ulostuloa (output) kuvataan kirjaimella Y. Six Sigman ongelmanratkaisutyökalujen avulla tutkitaan syytekijöiden vaikutusta ulostuloon Y, ja tavoitteena karsia enemmän ja enemmän muuttujia, jotta päästään lähelle todellisia ongelma-alueen syytekijöitä. Menetelmässä edetään siis palanen kerrallaan syvemmälle ja lopputuloksena saadaan optimoitu prosessi. Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmäkirjassa on kuvattu tätä suppenevaa kehitystä alla olevan kuvion avulla (KUVIO 1). (Karjalainen & Karjalainen 2002, 18, 54.)



KUVIO 1. Optimoitu prosessi. Ongelmanratkaisumenetelmät seuraavat Six Sigmassa oikeassa järjestyksessä toisiaan. (mukaillen Karjalainen & Karjalainen 2002, 54)

Six Sigman käytölle ei ole rajoituksia, vaikka usein kuvitellaan Six Sigman soveltuvan pääasiassa teollisuusyrityksiin ja massatuotantoon. Six Sigma -projekti voidaan aloittaa myös ilman olemassa olevaa dataa ja aina aikaisemmin kerätyistä tiedoista ei edes ole hyötyä prosessin suorituskykyongelmien ratkaisussa, koska tarvittava data on kerätty virheellisesti. Datan keräämisen tarkoitus on tukea teoriaa/ideaa, joka on kyseisen kohteen tämän hetkisen suorituskyky ongelman syy. Tarkoituksena ei ole teorian hakeminen jo olemassa olevalle datalle. Karjalainen & Karjalainen (2002, 34) kertovat kirjassaan, että Suomessa yleinen ajatus Six Sigma -metodista on, että se toimii ns. pienen laadun eli hyvin kapean osa-alueen, lähinnä asiakasreklamaatioihin ja virheisiin liittyvän laadun työkaluna. Six Sigma on kuitenkin kehitetty liiketoiminnan parannusmetodiksi, jonka parannusprojektien tehtävinä on parantaa johtoryhmän liiketoimintaongelmia sekä laajoja liiketoiminnan kokonaisuuksia. Kyseisissä tapauksissa parannusprojektit kestävät 4 – 6 kuukautta ja niiden avulla on saavutettavissa havaittava ja merkittävä liiketoiminnallinen vaikutus. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 33-35.)

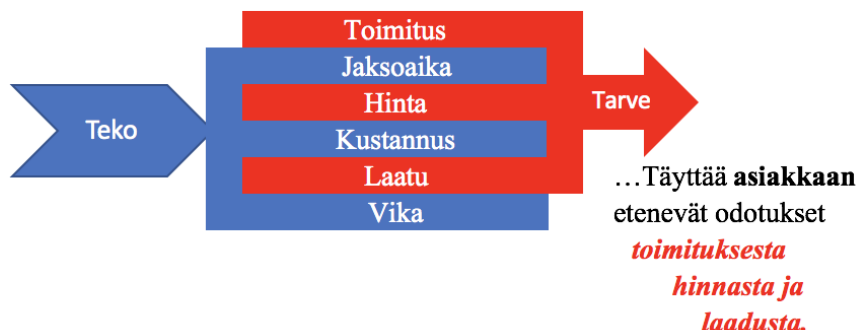
Parannuskohde	Liiketoimintavaikutus
Nopeuttaa läpimenoaikoja	Lisää liikevaihtoa
Lyhentää läpimenoaikoja	Toimitusvarmuus ja täsmällisyys paranevat ja sisäinen toiminta tehostuu
Pienentää hyllyn ja uudelleen tekemisen määrää	Alentaa materiaalikustannuksia, suurempi ROI
Lyhentää koneiden seisokkiaikoja	Lisää kapasiteettiä
Lyhentää tilausten ja/tai uuden tuotteen markkinoille tuloaikaa	Lisää liikevaihtoa
Alennetaan varastojen tasoja	Pienentää pääomaa, joka on sidottu varastoihin

TAULUKKO 1. Laadun parannus ja liiketoimintavaikutus (mukaillen Karjalainen & Karjalainen 2002, 35)

Asiakastyytyväisyys on yksi Six Sigman kulmakivistä: liiketoimintaa parannetaan siten, että myös asiakastyytyväisyys paranee. Asiakkaan näkökulmasta laatuun kuuluu toimitusajankohta, hinta ja tuotteen/palvelun laadukkuus. Tuottajalle taas laatu muodostuu tekijöistä kuten jaksoaika (jonot), kustannus ja virheet. Keskinäisvaikutussuhteen parantaminen asiakkaan ja tuottajan liiketoiminnan välillä on onnistuneen Six Sigma -projektin lopputulos (KUVIO 2). (Karjalainen & Karjalainen 2002, 33-34.).

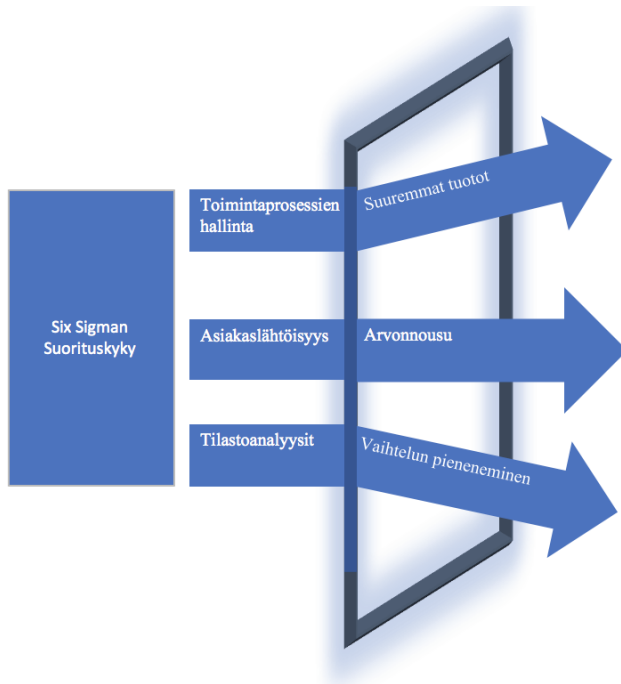
Toimittaja
Pyrkii aina parempaan
Jaksoajassa

*Kustannuksissa ja
vikojen määrässä*



KUVIO 2. Tuottajatytytyvyyden ja asiakastytytyvyyden keskinäisvaikutus (mukaillen Karjalainen & Karjalainen. 2002, 34)

Tuottavuuden maksimointi vaatii materiaalien, tuotantoprosessin ja oikeanlaisen hallintastrategian suunnittelua – toisin sanoen täydellinen prosessi vaatii mahdollisimman pienen vaihtelun prosessin jokaisella osa-alueella raaka-aineista valmiiseen tuotteeseen ja toimitukseen asti. Six Sigman työkalujen tavoitteena on auttaa huomaamaan potentiaaliset syyt ongelmille ja pyrkiä samalla poistamaan mahdolliset ongelmien aiheuttajat. Tämä kuitenkin tarkoittaa, että projekti vaatii välttämättömiä mittauksia tuotteen tai prosessin kehityksen alkuvaiheessa, ennen kuin ongelma todella ilmenee ja ennen kuin ongelmat ovat ajankohtaisia. Vaihtoehtoisesti Six Sigmalla voidaan keskittyä jo valmiiseen prosessiin osoittamalla, että sigmataso on liian alhainen tai hyvin korkea (5-sigmaa tai enemmän), mitä on hyvin vaikea enää parantaa. On kuitenkin hyvä tiedostaa, että valmiin prosessin uudelleen suunnittelu ja alkuperäisessä suunnittelussa tehdyt virheet nostavat huomattavasti parannusprojektin kustannuksia. Prosessin saaminen kuuden sigman tasolle edellyttää työryhmältä osaamista jokaisella prosessin osa-alueella tai vahvaa yhteistä pyrkimystä parantaa prosessia koko organisaation tasolla kovalla intensiteetillä. Tässä tapauksessa myös koko yrityskulttuurin tulee olla sitoutunut kehittämään toimintaa päättäväisesti. Kuviossa 3 on esitetty Six Sigman kolme päätavoitetta läpimurtomallin avulla: liikevoiton kasvu, tuotteen arvonnousu asiakkaan näkökulmasta ja vaihtelun pienentäminen. (Taghizadegan 2006, 43-44.)



KUVIO 3. Six Sigman suorituskyvyn läpimurtomalli (Taghizedan 2006, 44)

3 TUKIN JALOSTAMINEN SAHATAVARAKSI

Sahatavaran valmistus alkaa sahalaityksellä tukkien vastaanottamisesta ja lajittelulla. Tukit jaetaan lajittelukuljettimen avulla eri sahausluokkiin läpimitan, pituuden ja laadun mukaan. (Opetushallitus 2010). Opinnäytetyökohteessamme lajitellut tukit siirretään omiin maavarastoihinsa, joista tukkeja haetaan tarpeen mukaisesti ja syötetään sahalaityksen tukkipöydälle. Sahausprosessi alkaa tukkien kuorinnasta, jonka jälkeen tukit siirtyvät yksitellen sahalinjalle. Sahalinjan ensimmäinen koneyksikkö on pelkkahakkuri (PH1), joka hakettaa tukin vastakkaiset sivut tasaisiksi. Pelkkahakkurin jälkeen tukki saapuu ykköspyörösahalle (YPS), jossa pelkasta sahataan sivulaudat. Laudan erottaja irrottaa sivulauta-aihiot, jotka siirtyvät erillisiä kuljettimia pitkin särmälle, jossa ne sahataan halutun levyiseksi laudaksi. Sivulautojen erotuksen jälkeen pelkka käännetään ja toinen pelkkahakkuri (PH2) hakettaa pelkan ajamattomat sivut, minkä jälkeen pelkan profiili on neliskanttinen. Pelkka jatkaa profiloitikonelle, jossa pelkkaan työestetään halutun sahatavaran mukaisesti särmät. Sahalinjan viimeinen yksikkö on jakosaha, joka irrottaa laudat pelkasta.

Sahalinjan jälkeen sahatavara jatkaa dimensiolaitokselle, jossa laudat lajitellaan paksuuden ja leveyden mukaan eri lokeroihin. Eri dimensiot tunnistetaan erilaisten mekaanisten tai optisten tunnistimien avulla, minkä jälkeen kappaleet siirtyvät koukkukuljettimelle, joka pudottaa laudat haluttuun lokeroon. Vaiheen tarkoitus on lajitella sahatavarat rimoitusta ja sen jälkeistä kuivausta varten eri kokoluokkiin. Täydet lokerot puretaan kuivauskuorman kasausta eli rimoitusta varten. Jokaisen sahatavarakerroksen väliin asetetaan rimat, jotka takaavat tasaisen ilmankierron kuorman eri osiin. Seuraavaksi kuivauskuorma siirretään odottamaan pääsyä kuivaamoon, jossa sahatavarat kuivataan haluttuun kosteuteen. Kuivausprosessin jälkeinen vaihe on taseus ja laatulajittelu. Kuivauskuormat puretaan ja lajitellaan eri laatuluokkiin visuaalisesti tai konenäköpohjaisesti. Tasauksessa sahatavarat katkaistaan moduulimitaan tai asiakaskohtaiseen erikoismitaan ja samalla voidaan poistaa vikoja latvasta tai tyvestä. Lopuksi sahatavarat paketoitetaan paketoitikonella avulla toimitusvalmiiksi sahatavarapaketiiksi, joka sisältää yhtä dimensiota, puulajia, laatua ja kuivausastetta. Valmis paketti merkitään pakettikortilla ja säilytetään kosteudelta suojattuna toimitukseen asti. (Opetushallitus 2010.) Prosessi tukin jalostamisesta sahatavaraksi on esitetty tiivistetyksi kuviossa 4.



KUVIO 4. Tukin jalostaminen sahatavaraksi

4 MÄÄRITTELYVAIHE

Six sigma –prosessi alkaa määrittelyvaiheella, jonka aikana tunnistetaan potentiaaliset Six Sigma -projektit, luodaan ongelmanasettelu, määritetään mitattava tavoite ja lopuksi hyväksytään projektisuunnitelma. Kun määrittelyvaihe tehdään huolella, on projektin suorittaminen tavoitteellista ja toiminta selkeää. Määrittelyvaiheen lopputulema voidaan kirjata tiivistetysti projektin määrittelylomakkeeseen (Project Charter). Määrittelyvaiheessa prosessin kuvaamisen apuna voidaan käyttää esimerkiksi SIPOC-prosessikarttaa ja läpivyoitettua saantoa (RTY). Työkaluja käytetään, jotta saadaan selkeä kuvaus liiketoimintaprosessista ja sen toiminnan eri osa-alueista, sekä tunnistetaan prosessin sisältämiä muuttujia, joilla on vaikutusta ulostuloon. (Malinen 2017.)

Potentiaalisten Six Sigma -projektien löytämiseksi voidaan tutkia eri tietolähteitä yrityksen sisä- ja ulkopuolelta. Palautetta voidaan saada asiakkailta ja työntekijöiltä, tai voidaan konsultoida ulkopuolisia ammattilaisia. Parannuskohteita etsittäessä tutkitaan dataa: kerätään tietoa esimerkiksi laatuvirheistä, kustannuksista ja auditoinneista sekä käydään läpi yrityksen liiketoimintasuunnitelmaa ja tavoitteita. Ongelman määrittelyssä tulisi huomioida asiakaslähtöisyys, jossa apuna voidaan käyttää asiakkaan äänikuvausta (VOC). (Malinen 2017.)

Projektin valinnassa tulee miettiä, sopiiko projekti ominaisuuksiltaan Six Sigma -projektiksi. Six Sigma -projektien yleisiä ominaisuuksia ovat mm. se, että ongelma ei ole helposti tai nopeasti ratkaistavissa perinteisillä menetelmillä, sillä on vaikutusta tuottavuuteen, voittoon tai strategiseen arvoon, ja tavoitteena on pienentää ongelmaa jopa 70 % nykyisestä tasosta. Projekti voi olla myös liiketoimintaongelma, joka hankaloittaa onnistumista, lisää kustannuksia, vähentää asiakkaiden tai työntekijöiden tyytyväisyyttä tai vaikuttaa muuten asiakkaaseen. Ratkaisun tulokset täytyy olla mitattavissa ja määritettävissä taloudellisella tai strategisella arvolla. (Malinen 2017.) Tässä työssä yksi tärkeä lisämääritelmä projektin valinnassa oli, että projektin täytyi palvella meitä opeteltaessa Lean Six Sigma -menetelmää. Projektin laajuus ja vaikeus täytyi suhteuttaa meidän omiin tiedollisiin, taidollisiin ja ajallisiin resursseihimme, jotta sen onnistuminen olisi realistista ja saisimme työstä mahdollisimman suuren opetuksellisen hyödyn.

Ongelmanasetus on yksi määrittelyvaiheen tuloksista. Sen tarkoitus on fokusoida tiimi tiettyyn prosessin puutteeseen tai heikkouteen ja sen avulla voidaan tiedottaa projektista muulle organisaatiolle. Tärkeää on, ettei tässä vaiheessa kiirehdiä miettimään jo ratkaisua ongelmiin tai esitetä muita arvailuja ongelman

alkuperästä, vaan keskitytään spesifioimaan ongelma mahdollisimman tarkasti. Ongelman asetuksesta nähdään jo viitettä projektin laajuuteen. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 94.)

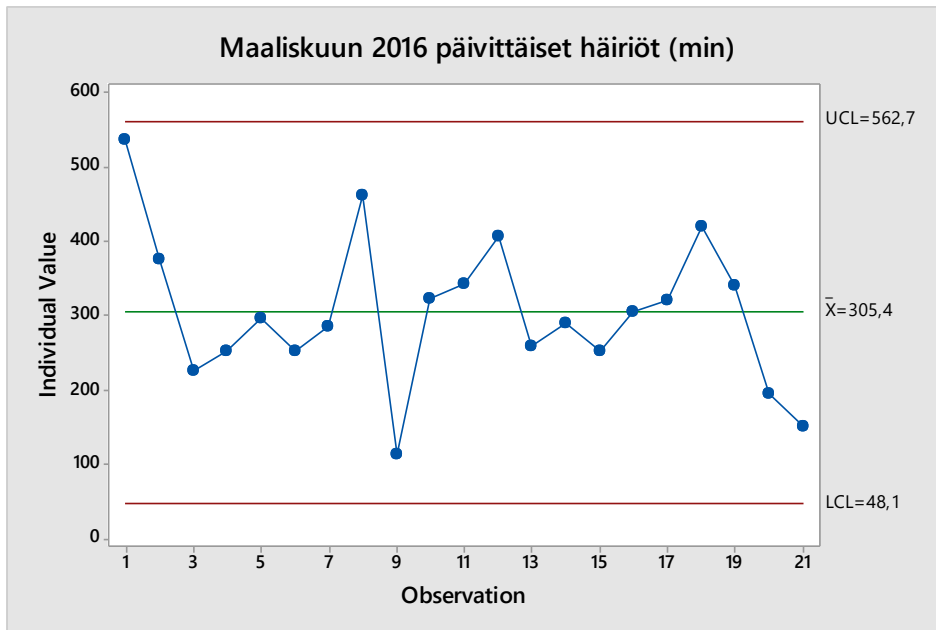
Määrittelyvaiheessa projektille tulee asettaa selkeä tavoite, jotta projektilla on päämäärä ja sen onnistumista voidaan luotettavalla tavalla mitata. Mittarit, joiden avulla tavoitetta mitataan, voidaan jakaa liiketoimintamittareihin ja ongelmanratkaisumittareihin. Liiketoimintamittarilla mitataan onnistumista (esim. onnistumisprosenttia) tietyllä liiketoiminta-alueella. Liiketoimintamittareita voisivat olla esimerkiksi toimitusvarmuus tai asiakastyytyväisyys. Ongelmanratkaisumittaria käytettäessä asetetaan projektin onnistumisen mittariksi tietyn ongelman parantaminen, esimerkiksi läpimenoajan nopeuttaminen tai reklamaatioiden vähentäminen. (Malinen 2017.) Tavoite alkaa usein verbeillä kuten vähentää, kasvattaa tai nopeuttaa, ja se ilmoitetaan numeerisessa muodossa. Esimerkiksi ”Nopeutetaan läpimenoaikaa 50 %”. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 95.)

4.1 Potentiaalisten Six Sigma -projektien etsiminen

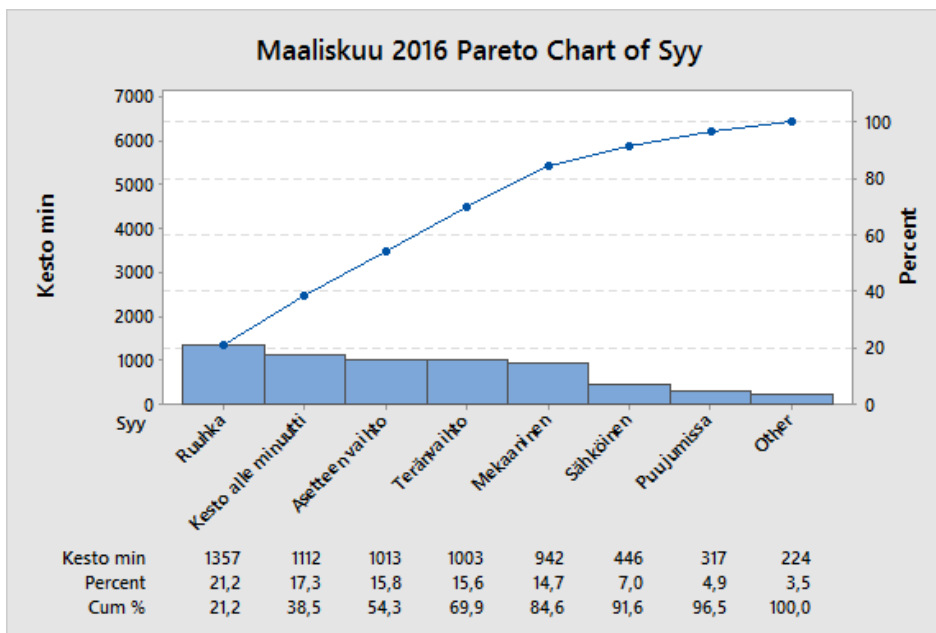
Tässä opinnäytetyössä lähdimme etsimään potentiaalista projektia analysoimalla sahan häiriötietoja Minitab-ohjelman avulla. Saimme käyttööme sahan häiriödataa kolmelta eri kuukaudelta. Data on peräisin sahan häiriöjärjestelmästä ja kaikki tiedot ovat samalta vuodelta mutta eri kuukausilta: maaliskuulta, kesäkuulta ja joulukuulta. Kuukaudet valittiin tarkoituksella eri vuodenajoilta, jotta vuodenaikoihin liittyvät häiriöt eivät korostu tuloksissa. Esimerkiksi kylmimpien talvikuukausien aikana jäiset tukit voivat aiheuttaa normaalia enemmän puun jumittumista ja suurempaa teränvaihdon tarvetta.

4.2 Häiriöt maaliskuu 2016

Maaliskuussa 2016 oli päivittäin keskimäärin 305,4 häiriöminuuttia (KUVIO 4), eli kokonaisuudessaan häiriöitä oli kahden kahdeksan tunnin vuoron aikana yli viisi tuntia. Pareto-kaaviosta (KUVIO 5) näemme, että ruuhka on ollut suurin häiriönaiheuttaja: 1357 häiriöminuuttia, joka on 21,5 % kaikista häiriösyistä. Häiriöminuutteja aiheuttivat tasaisesti myös seuraavat häiriösyöt: kesto alle minuutti, asetteenvaihto, teränvaihto ja mekaaniset virheet.



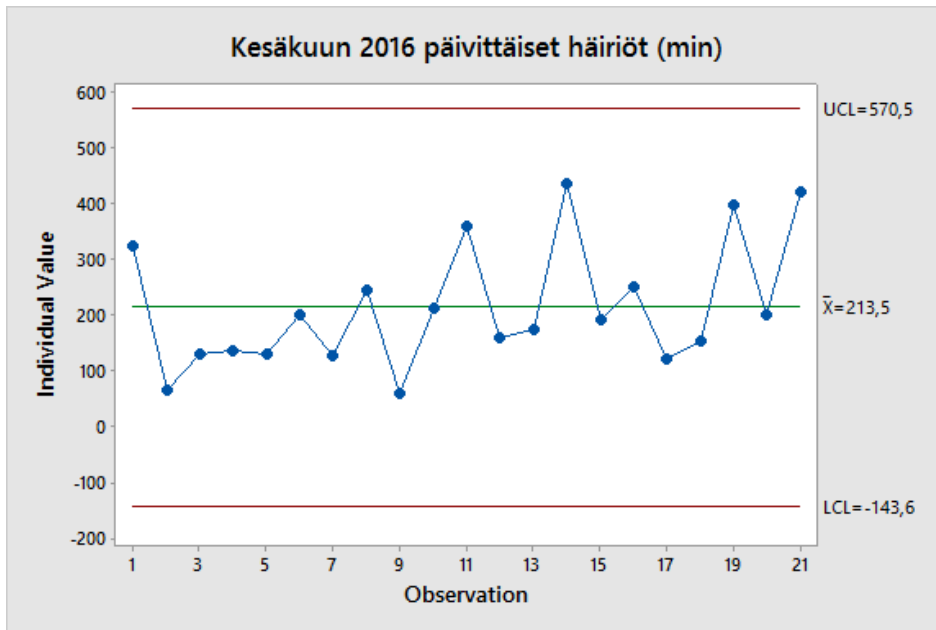
KUVIO 5. I-Kortti maaliskuun 2016 häiriöiden kestot



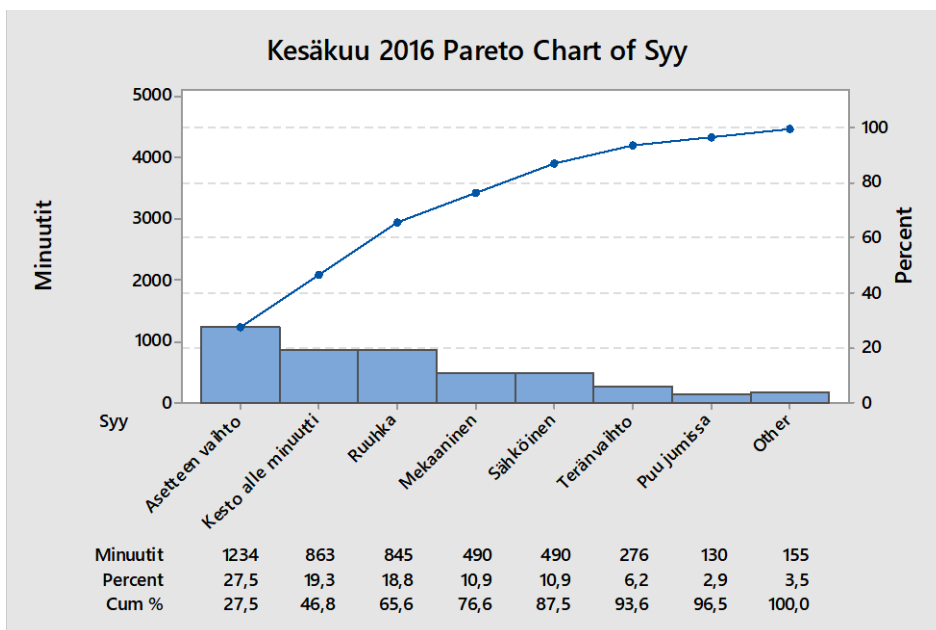
KUVIO 6. Pareto-kaavio häiriöiden syistä, maaliskuu 2016.

4.2.1 Häiriöt kesäkuu 2016

Kesäkuussa päivittäisiä häiriöitä oli keskimäärin 213,5 minuuttia, eli noin 3,5 tuntia päivässä (KUVIO 7). Eniten häiriöitä aiheutti asetteenvaihto: 1234 häiriöminuuttia, joka on 27,5 % kaikista häiriöistä (KUVIO 8). Toiseksi eniten häiriöminuutteja oli kategoriassa *Kesto alle minuutti* (863 min) ja kolmanneksi suurimpana ongelmana olivat ruuhkat (845 min).



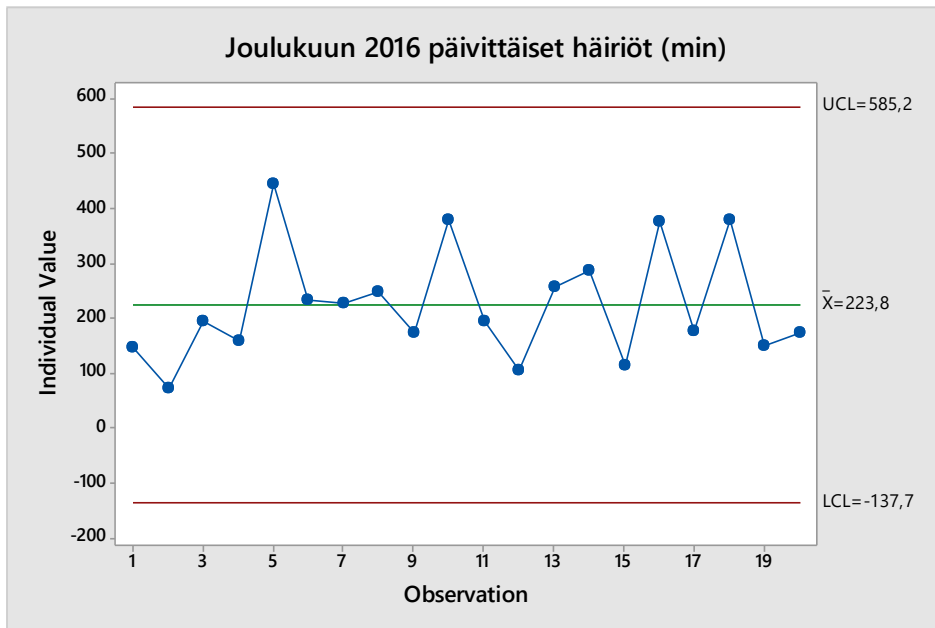
KUVIO 7. I-Kortti kesäkuun 2016 häiriöiden kestot



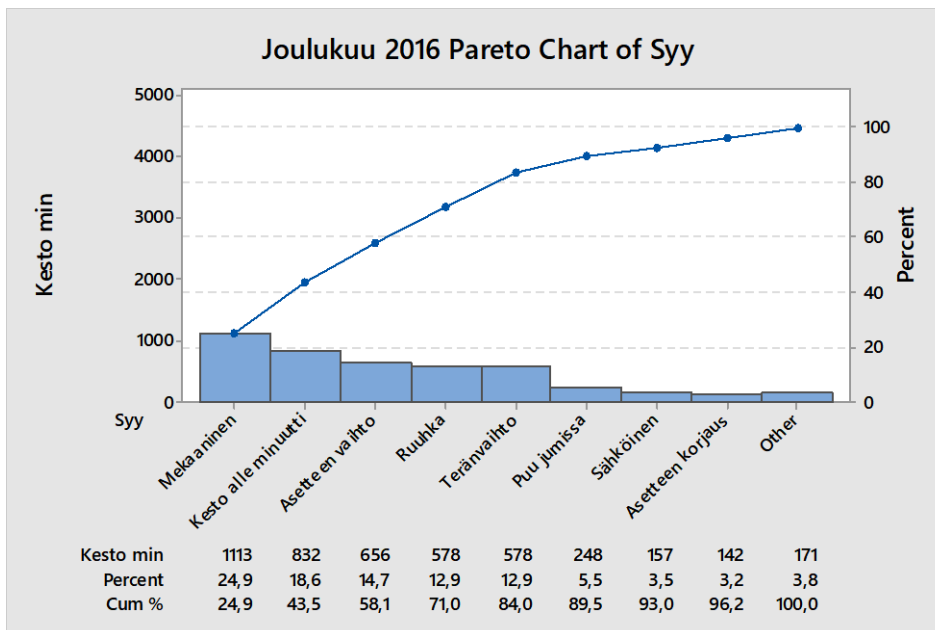
KUVIO 8. Pareto-kaavio häiriöiden syistä, kesäkuu 2016.

4.2.2 Häiriöt joulukuun 2016

Joulukuussa 2016 häiriöitä sahalaitoksella oli keskimäärin 224 minuuttia (KUVIO 9). Mekaaniset virheet olivat suurin syy aiheuttaen kuukauden aikana 1113 häiriöminuuttia, joka on noin neljäsosa kaikista joulukuun häiriöistä. Alle minuutin häiriötä oli noin 19 % ja asetteenvaihdosta johtuvia noin 15 %. Ruuhka ja teränvaihto aiheuttivat molemmat 12,9 % kuukauden häiriöajasta. (KUVIO 10).



KUVIO 9. I-Kortti joulukuun 2016 häiriöiden kestot

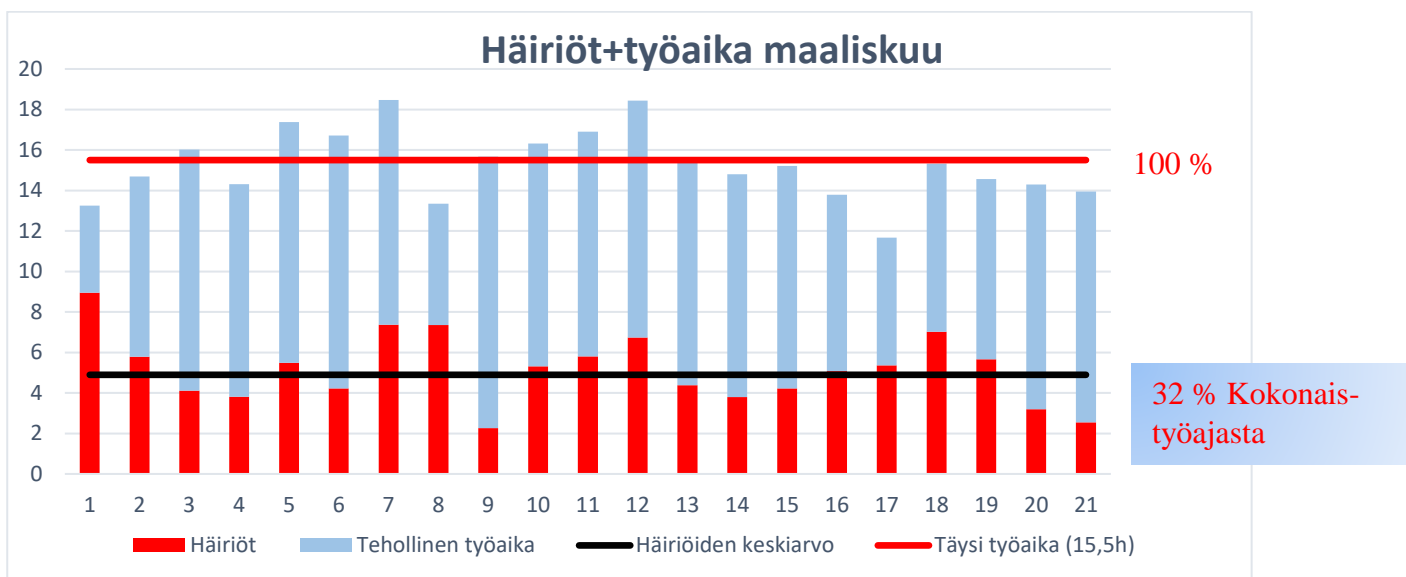


KUVIO 10. Pareto-kaavio häiriöiden syistä, joulukuu 2016.

4.3 Häiriöiden tuotannolliset ja taloudelliset vaikutukset

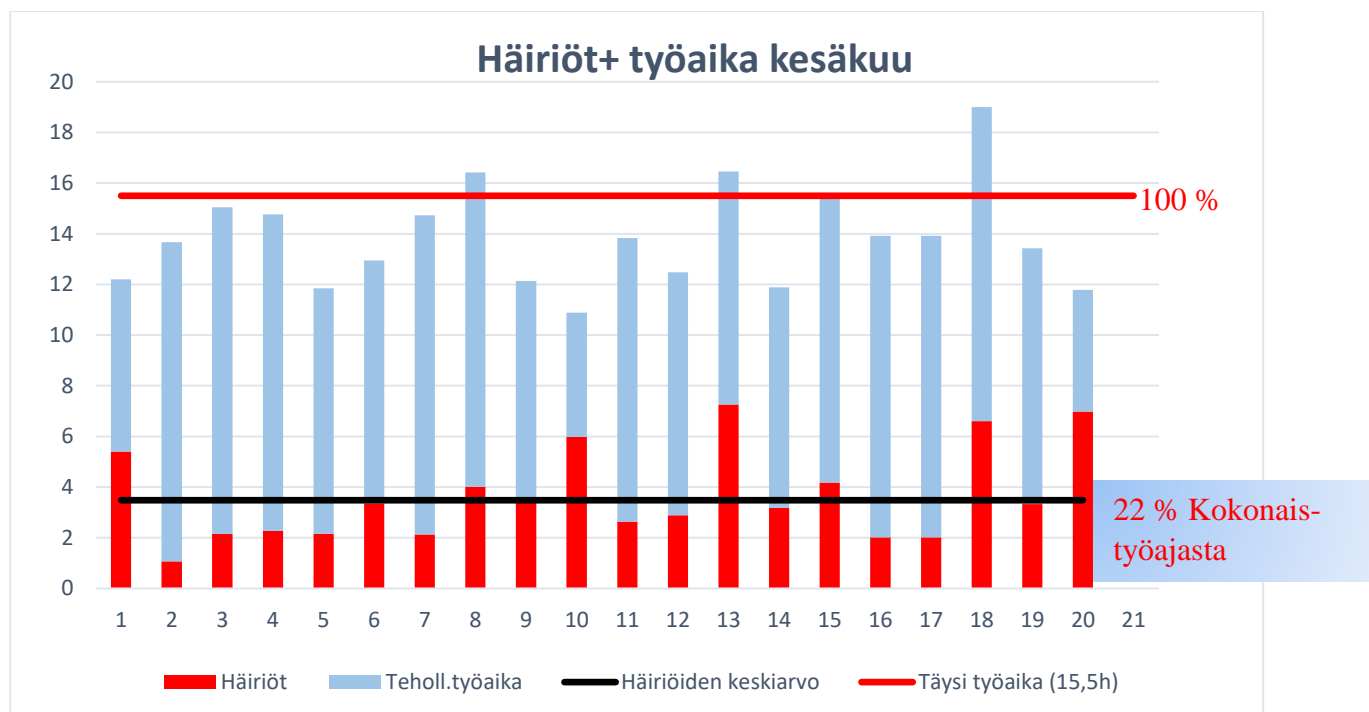
Sahan häiriöiden tuotannollisten ja taloudellisten vaikutusten arvioimiseksi tarkasteltiin sahalla tapahtuvien häiriöiden määrää suhteessa täyteen ja teholliseen työaikaan. Tässä asiayhteydessä puhutaan työajan jakamisesta jalostavaan ja ei-jalostavaan työaikaan. Jalostavan työajan aikana asiakkaan tilaaman sahatavaran jalostusarvo nousee (Ahokas, Tiipohonen, Neuvonen & Suikki 2011, 30). Tällä on myös suuri merkitys sahan puutavaran saannon kannalta, koska koneiden seisoessa luonnollisesti myös saanto polkee täysin paikallaan. Voidaan siis karkeasti sanoa kaiken sellaisen ajan, kun koneet ovat pysähtyneet ja tavara ei liiku, olevan ei-jalostavaa työaikaa eli asiakkaan näkökulmasta se ei lisää jalostusarvoa. tällaisia hetkiä voivat olla esimerkiksi suunnitellut kunnossapitotehtävät, häiriöt tai muu vastaava syy, minkä takia tuotanto on pysähtynyt.

Sahalaitos toimii kahdessa vuorossa (aamu ja ilta). Iltavuoro ajaa aina viimeisen asetteen loppuun asti, jolloin työpäivät saattavat venyä yli 16 tuntiseksi. Tehollisen työajan määrittelyä varten käytimme sahan toiminnanohjausjärjestelmän laskemia lukuja tehollisista työajoista ja häiriötietoja. Huomioon otettavaksi seikaksi nousi se, että häiriöiden lisäksi tuotanto seisoo päivittäin 30 min (10.00–10.30), kun sahalla suoritetaan suunniteltua teränvaihtoa koneisiin. Tätä aikaa ei merkitä häiriöksi toiminnanohjausjärjestelmään, joten se on huomioitu seuraavissa kokonaistyöajan jakautumista kuvaavissa kuvioissa vähentämällä kyseinen aika täydestä työajasta, jolloin kokonaistyöajaksi määräytyy 15,5 t.



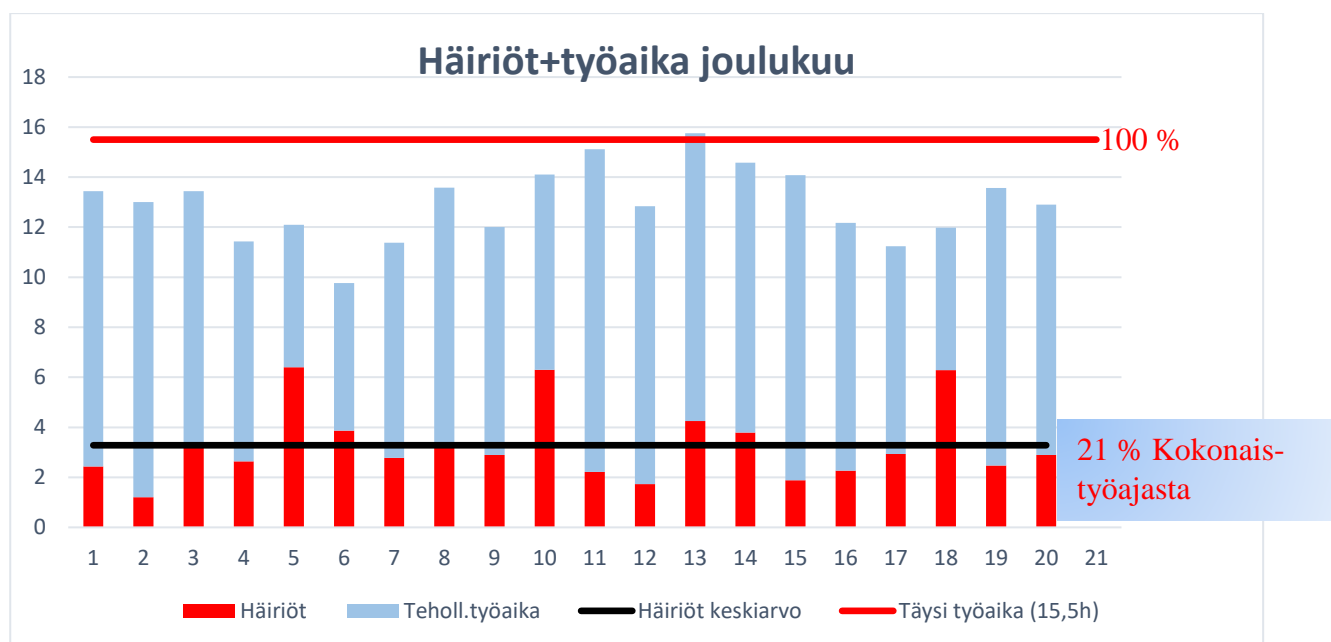
KUVIO 11. Yhteenlaskettuna maaliskuun 2016 häiriöiden määrä ja tehollinen työaika.

Yllä olevasta kuviosta nähdään kokonaistyöajan sisältämä häiriöiden ja tehollisen työajan suhde maaliskuussa 2016 (KUVIO 11). Y-akseli kuvaa työpäivän pituutta ja x-akselilla on kyseisen kuukauden työpäivät. Maaliskuussa häiriöitä oli keskimäärin 32 % kokonaistyöajasta.



KUVIO 12. Yhteenlaskettuna kesäkuun 2016 häiriöiden määrä ja tehollinen työaika

Kesäkuussa saha ei pyörinyt jokaisena päivänä täyttä työaikaa ja tuotannon pysähtymiselle oli myös muita syitä kuin häiriöjärjestelmään kirjatut häiriöt. Häiriöiden määrä oli 22 % kokonaistyöajasta. (KUVIO 12.)

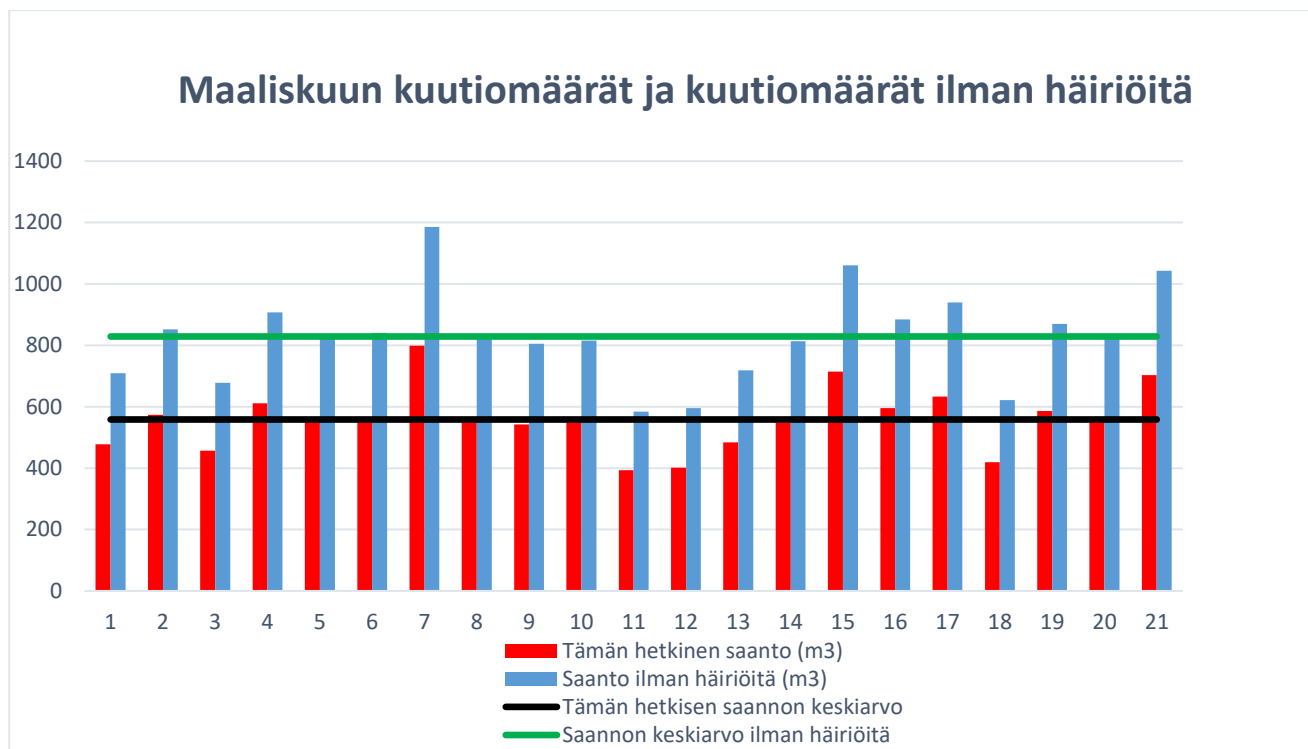


KUVIO 13. Yhteenlaskettuna joulukuun häiriöiden määrä ja tehollinen työaika

Joulukuussa häiriöitä oli keskimäärin 21 % kokonaistyyöajasta (KUVIO 13). Kuviosta voidaan huomata, että myös joulukuussa saha seiso i muista kuin häiriöjärjestelmään kirjatuista syistä johtuen. Yksi selitys ”kadotettuun aikaan” voi olla häiriöjärjestelmän tapa mitata lyhyitä tuotannon katkoksia. Alle kahden minuutin tuotannon katkokset kirjautuvat automaattisesti häiriöjärjestelmään nimikkeellä ”kesto alle minuutti” ja tällöin häiriön kestoksi järjestelmä asettaa aina minuutin. Lyhyet katkokset ovat kuukausittain yksi suurimpia häiriösyitä, ja niihin sisältyvä ajallinen merkintävirhe voi aiheuttaa kyseisen tilastojen vääristymisen (kestoksi määräytyy aina minuutti, vaikka todellisuudessa häiriöaika voi olla lähes kaksi minuuttia). Muita syitä vajaan jäneeseen kokonaistyyöaikaan voivat olla esimerkiksi suunnitellut kunnossapitotyöt, joita ei merkitä häiriöjärjestelmään. Mittausjärjestelmän analysointia jatkamme DMAIC-prosessin mittausvaiheessa enemmän.

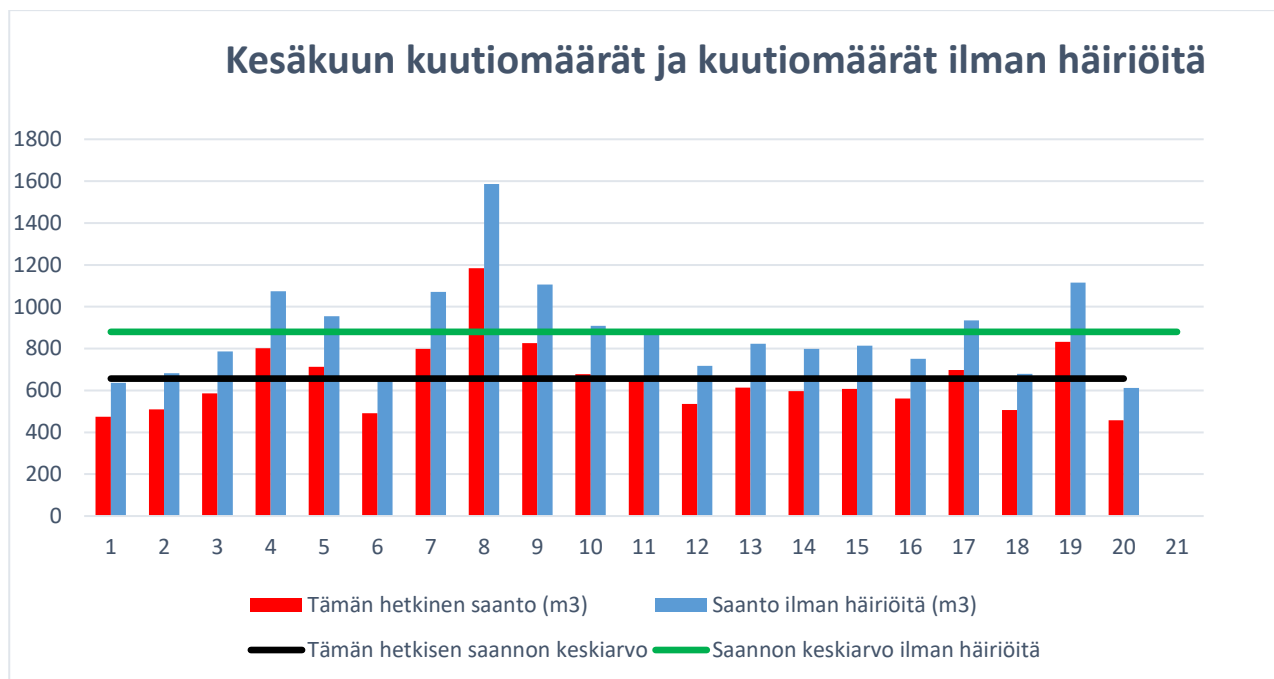
4.3.1 Häiriöiden vaikutus saantoon

Koska tiedämme, kuinka paljon päivässä hukataan aikaa häiriöihin ja muihin tuntemattomiin syihin, voimme laskea sen suorat vaikutukset saantoon eli tässä tapauksessa kuutiomääriin.



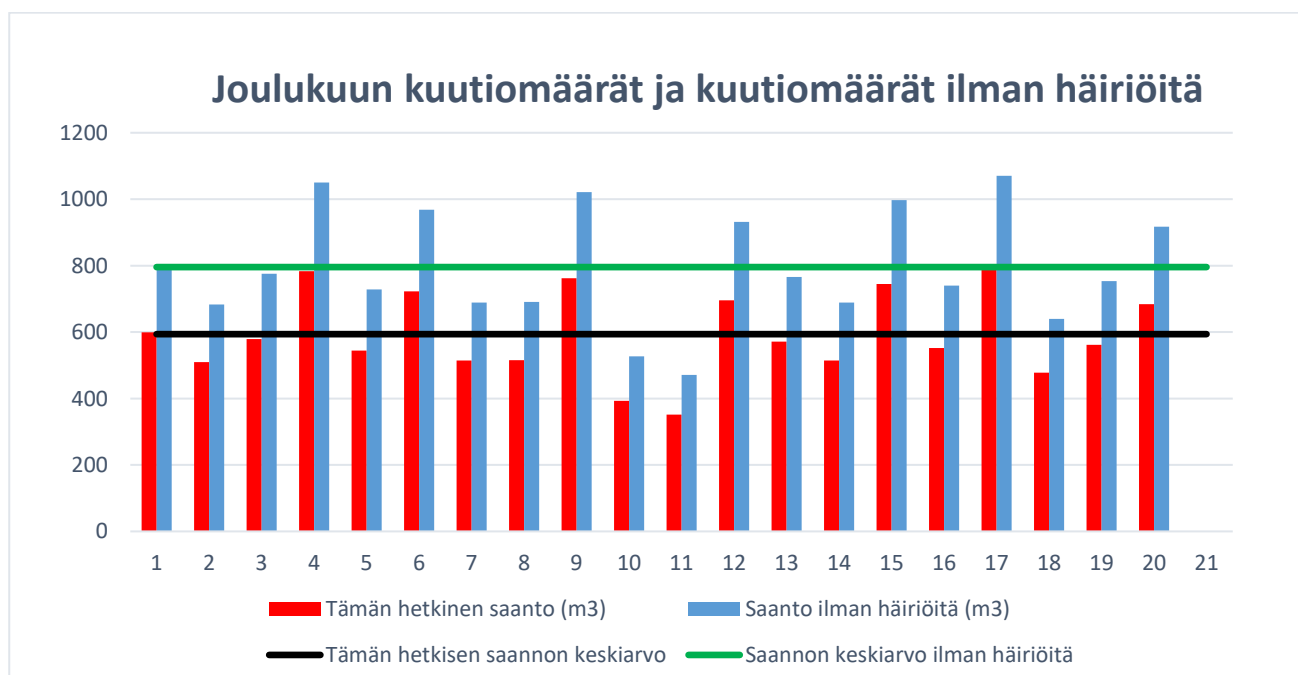
KUVIO 14. Maaliskuun 2016 kuutiomäärät ja kuutiomäärät ilman häiriöitä.

Maaliskuussa häiriöihin hukattiin keskimäärin 32 % kokonaistyöajasta. Kuukauden työpäivien kokonaistyöajasta kului 3 % merkitsemättömiin häiriöihin tai muihin meille tuntemattomiin syihin, jolloin loput 65 % oli jalostavaa työaikaa. (KUVIO 14.) Tämän perusteella voidaan katsoa, että parannuksen mahdollisuus saantoon on 270 kuutiota (48%).



KUVIO 15. Kesäkuun 2016 kuutiomäärät ja kuutiomäärät ilman häiriöitä

Kesäkuussa häiriöiden keskiarvo oli 22 % kokonaistyoajasta. Työajasta 12 % sahan tuotanto oli pysähtyneenä meille tuntemattomista syistä. Loput 66 % olivat jalostavaa työaikaa. (KUVIO 15.) Lukujen perusteella parannuksen mahdollisuus saantoon häiriöiden poistuessa olisi 223 kuutiota (34 %).



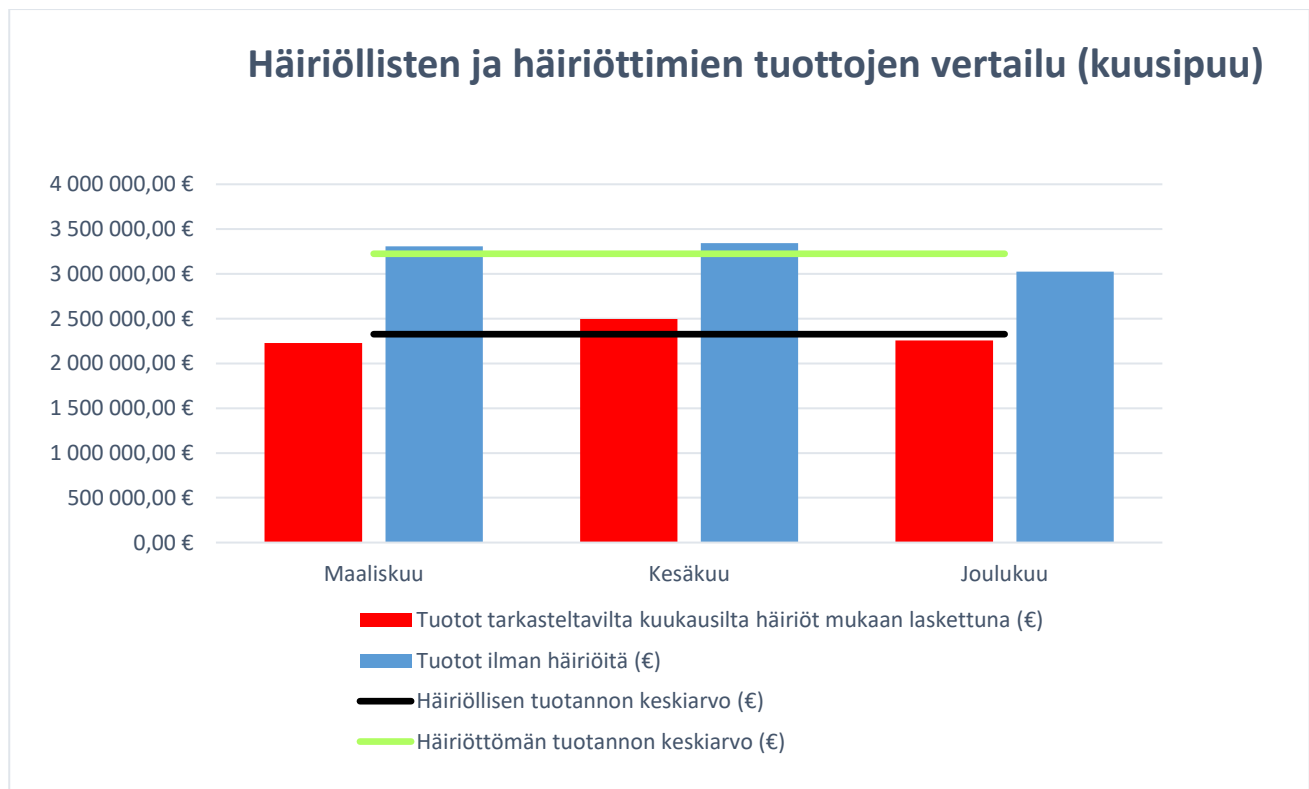
KUVIO 16. Joulukuun 2016 kuutiomäärät ja kuutiomäärät ilman häiriöitä

Joulukuussa häiriöitä oli keskimäärin 21 % täydestä työajasta. Työajasta 17 % kului merkitsemättömiin syihin ja loput 62 % työajasta oli jalostavaa työaikaa. (KUVIO 16). Ilman häiriöitä parannuksen mahdollisuus saantoon eli 202 saakuutiota (noin 34 %).

4.3.2 Taloudelliset menetykset

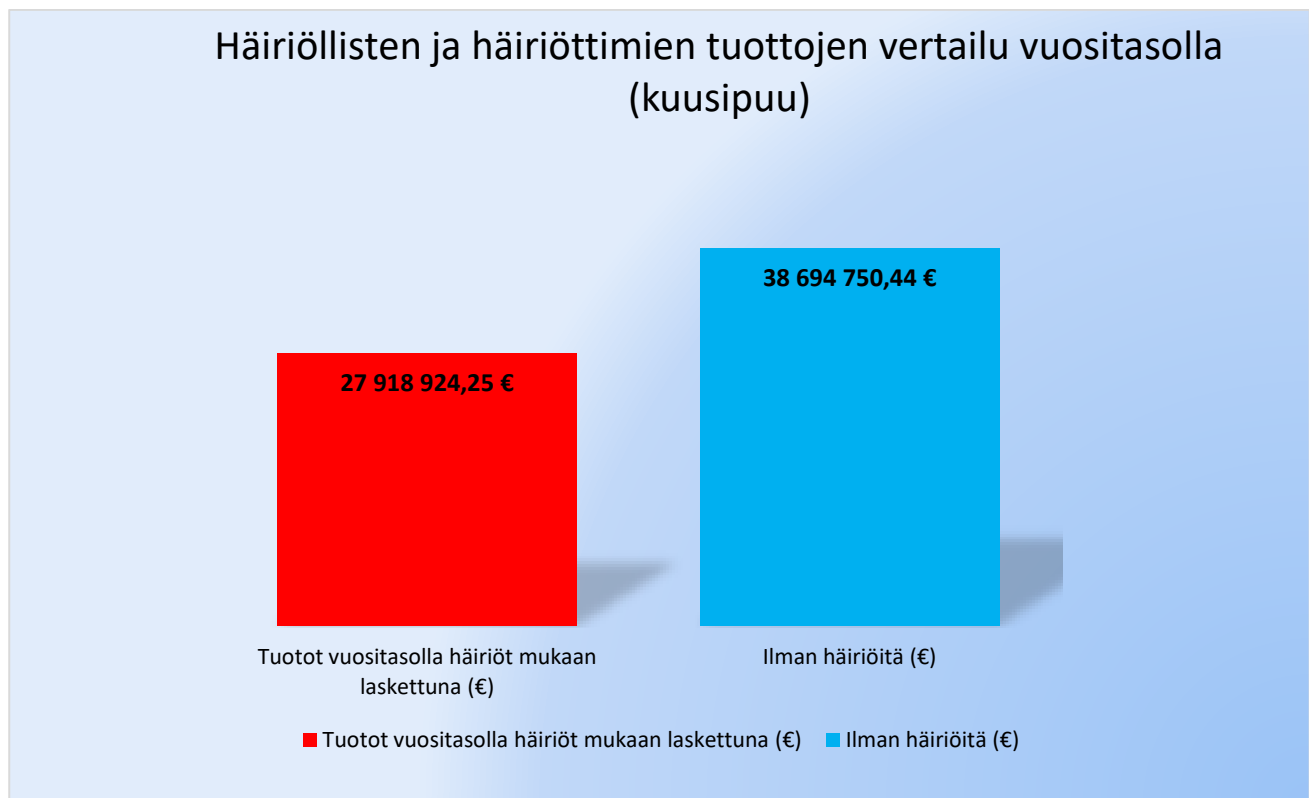
Jokaisen Six Sigma –projektin tavoitteena on laadunhallinnan tason parantamisen myötä parantaa myös itse liiketoimintaa ja mahdollisten pitkänkin aikavälin ongelmien ratkaisujen ansiosta tuottaa yritykselle enemmän voittoa (Karjalainen 2014). Projektin etenemisen ja tavoitteiden asettamisen kannalta on kuitenkin tärkeä tietää, miten paljon rahallista hukkaa aiheutuu nykyisellä toimintamenetelmällä, jossa häiriöt ovat pahimmillaan vieneet lähes kolmasosan kuukauden työpäivien kestosta.

Alla olevissa kuvioissa esiteltujen analyysien euromäärät perustuvat joulukuun 2016 sahatavaran jälleenvyynti hinnalle Suomessa (KUVIO 17 ja 18). Meidän tarkoituksenamme oli kartoittaa lähtötilanne ja näyttää johdolle, minkälaiset tuotot ilman häiriöitä sahalla voidaan saavuttaa.



KUVIO 17. Euromääräiset tuotot häiriöt mukaan laskettuna ja ilman häiriöitä (kuusipuu)

Sahalla sahataan kuusi- ja mäntypuuta. Suomen yleiset kiintokuutio hinnat vuonna 2016 olivat kuusipuusta valmistetun sahatavaran osalta 190 €/m³ ja männyn osalta 170 €/m³. Otimme vertailukohteeksi kuusipuun, koska meillä ei ole käytössä dataa, josta selviäisi, minkä verran kutakin puulajia sahalla ajetaan. Näiden tietojen pohjalta häiriöllisen ja häiriöttömän tuotannon keskiarvolla olisi eroa 897 985,52 euroa. Nykyisillä häiriömäärillä laskettaessa hukataan häiriöihin lähes miljoona euroa kuukaudessa. (KUVIO 18.) Kuvion 18 analyysi perustuu jokaisen kuukauden saannon keskiarvoon häiriöllisen sekä häiriöttömän tuotannon osalta.

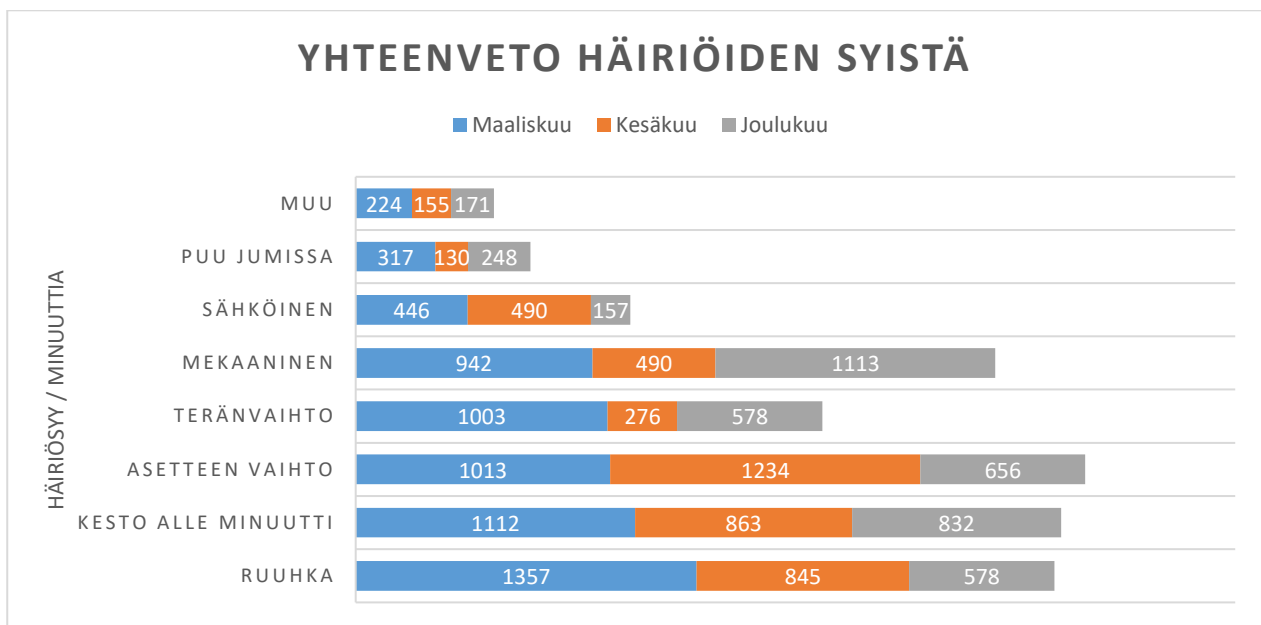


KUVIO 18. Häiriöllisten ja häiriöttömien tuottojen vertailu vuositasolla (kuusipuu)

Häiriöllisten ja häiriöttömien tuottojen vertailu vuositasolla perustuu tarkastelukuukausien (3 kk) keskiarvoon. Analysoimiemme kuukausien perusteella ja olettaen, että sahalla ajettaisiin vain kuusipuuta, hukattaisiin rahaa häiriöihin 10 775 826 euroa vuodessa. (KUVIO 18). Häiriöiden poistuessa kokonaan tuotannosta olisi parannus tuottoihin noin 40 %. Häiriöiden tuotannolliset ja taloudelliset vaikutukset ovat siis merkittävät.

4.4 Resurssien kohdentaminen

Sahalaitoksen kolmen kuukauden häiriötiedoista koottu yhteenveto näyttää eniten häiriöminuutteja aiheuttavat syyt järjestyksessä suurimmasta pienimpään: asetteenvaihto 2903 minuuttia, alle minuutin häiriöt 2807 minuuttia, ruuhka 2780 minuuttia, mekaaniset 2545 min, teränvaihto 1857 min, sähköinen 1093 min, muu 550 min, puu jumissa 595 min (KUVIO 19). Resurssien kohdentamiseksi tarkastelemme lisää viittä suurinta häiriösyitä eli asetteenvaihtoa, alle minuutin häiriöitä, ruuhkia, mekaanisia vikoja sekä teränvaihtoa. Tässä vaiheessa tutkinnan ulkopuolelle jää sähköiset viat, puiden jumittumiset sekä häiriöt kategoriasta ”Muu”.



KUVIO 19. Yhteenveto häiriöiden syistä

4.4.1 Asetteenvaihto

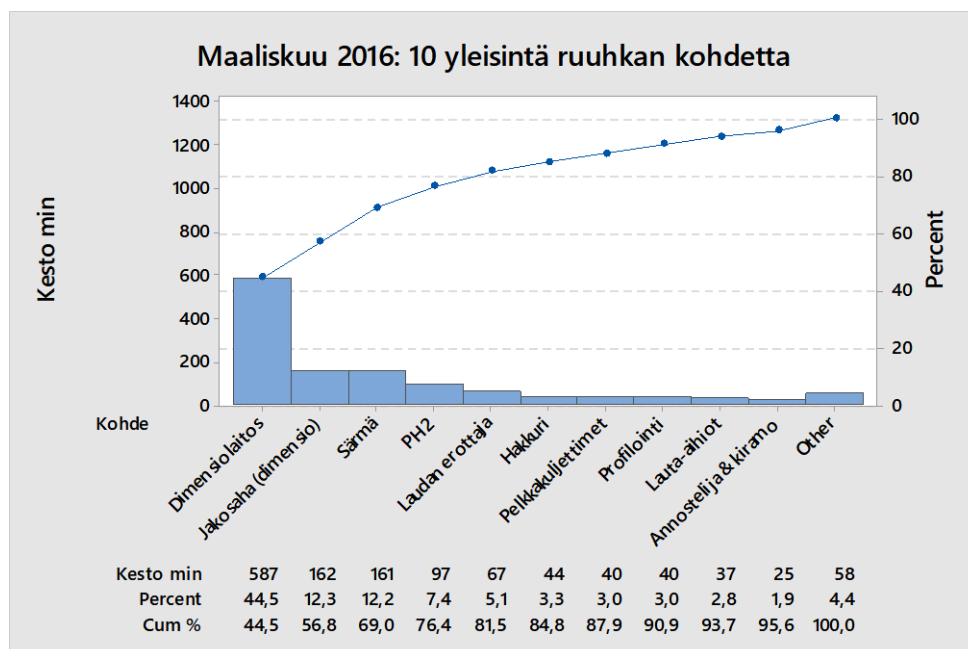
Asetteenvaihto keskeyttää tuotannon keskimäärin 16 tunnin ajaksi kuukaudessa. Asetteenvaihtoa ei oikeastaan pitäisi luokitella häiriöksi, sillä se on suunniteltu keskeytys, jonka aikana terien määrää ja/tai sijaintia muutetaan uutta tukkikokoa tai erikokoista sahatavaraa varten. Häiriöjärjestelmään on merkattu asetteenvaihdon kohteeksi aina jakosaha, sillä se on eniten aikaa vievä asetteenvaihdon kohde. Asetteenvaihtoon liittyviä muita häiriösyitä ovat asetteen korjaus ja asetteen mittaus.

4.4.2 Kesto alle minuutti

Toiseksi suurin häiriösyö oli kategoriassa ”kesto alle minuutti”, joihin kirjautuvat kaikki sahan alle kahden minuutin häiriöt. Häiriökategorian todellista merkittävyyttä ei kuitenkaan voida tietää, koska järjestelmä laskee häiriöt vain minuutin tarkkuudella ja kaikki kyseisen kategorian häiriöt merkitään järjestelmään yhden minuutin mittaisiksi. Häiriöiden kohteita ei myöskään luokitella tarkemmin järjestelmään, joten nykyisten tietojen pohjalta alle minuutin häiriöitä on vaikea tutkia tarkemmin.

4.4.3 Ruuhka

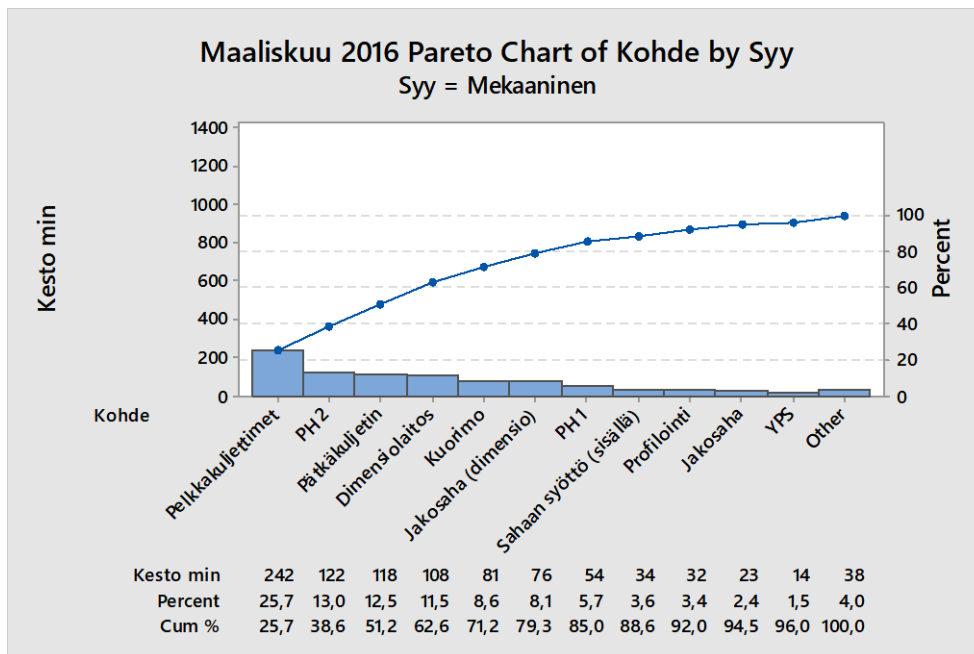
Kolmen kuukauden tarkastelujakson aikana ruuhka oli kolmanneksi suurin häiriösyö. Tutkimme ruuhkan kohteita maaliskuun häiriötietojen perusteella, jolloin ruuhka oli eniten häiriöminuutteja aiheuttava tekijä (KUVIO 20). Kuviosta voimme nähdä, että sahalaitoksen ruuhkahäiriöistä eniten keskeytyksiä aiheuttaa dimensiolaitos, joka on sahauksen jälkeen seuraava työvaihe, eikä näin ollen kuulu pääasialliseen tarkastelualueeseemme. Muut huomattavat ruuhkien sijainnit ovat jakosaha ja särmä, joista kumpikin aiheuttaa n. 160 minuuttia kuukaudessa.



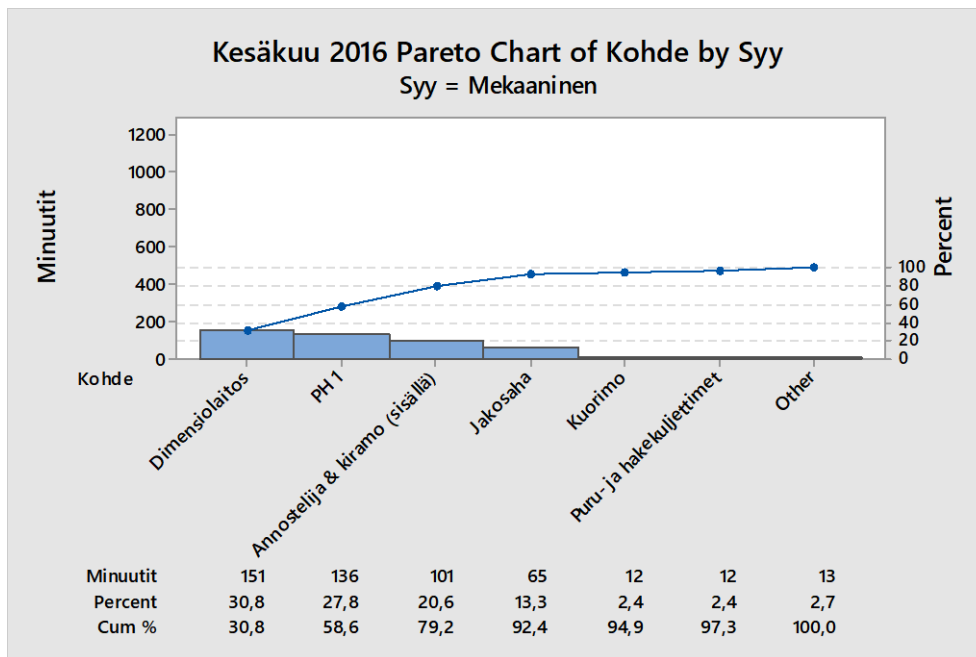
KUVIO 20. Kymmenen yleisintä ruuhkan kohdetta

4.4.4 Mekaaniset häiriöt

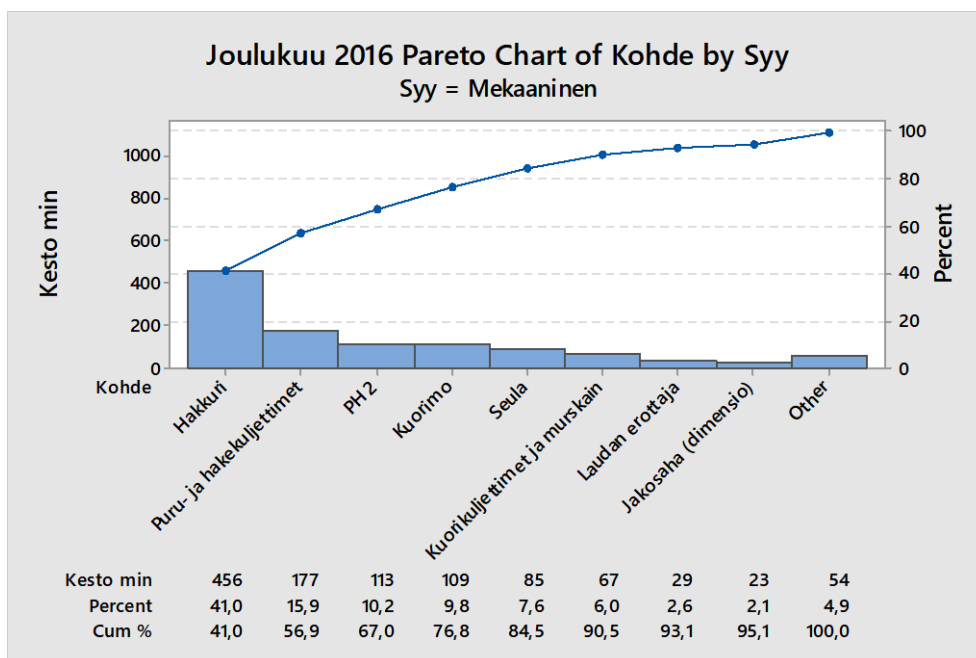
Neljänneksi suurin sahalaitoksen häiriösyys oli mekaaniset häiriöt. Mekaaninen häiriö voi olla esimerkiksi rikkoontunut laakeri, mutta häiriöjärjestelmästä saamme tiedon vain häiriön kohteesta. Mekaaniset häiriöt muodostivat 10–25 % sahan häiriöistä tarkasteluukausien aikana. Tutkittaessa Pareto-kaavioiden avulla mekaanisten häiriöiden kohteita, huomasimme, että häiriöiden kohteet vaihtelivat kuukausittain eikä erityisiä ongelma-alueita ole nähtävissä (KUVIO 21, 22 ja 23). Myös mekaanisten häiriöiden yhteismäärä vaihtelee kuukausien välillä huomattavasti, sillä esimerkiksi kesäkuussa 2016 mekaanisista syistä johtuvia häiriöminuutteja oli 490 minuuttia, kun taas joulukuussa 2016 niitä oli yli kaksinkertaisesti (1113 min).



KUVIO 21. Mekaanisten häiriöiden kohteet maaliskuussa 2016



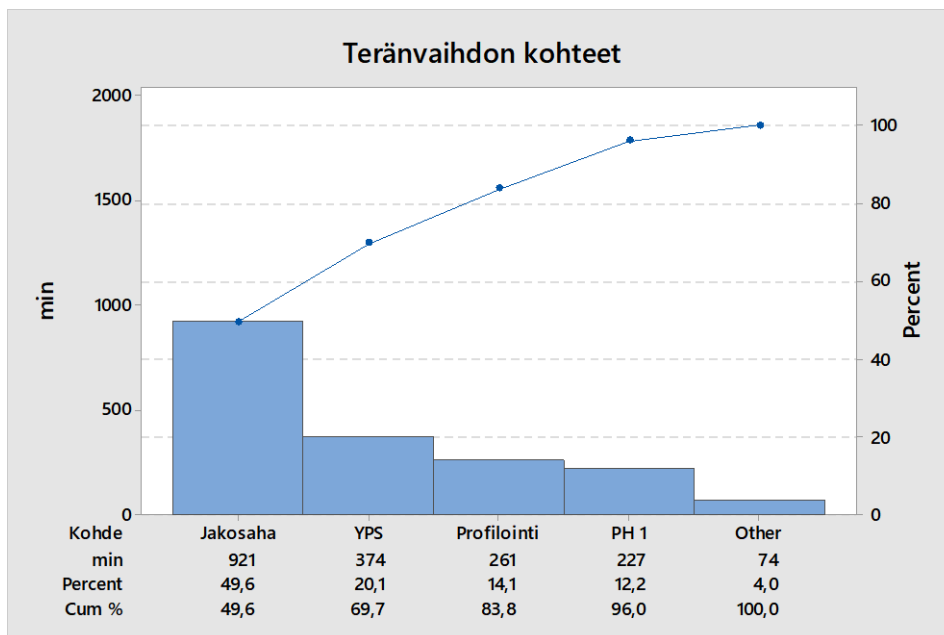
KUVIO 22. Mekaanisten häiriöiden kohteet kesäkuussa 2016



KUVIO 23. Mekaanisten häiriöiden kohteet joulukuussa 2016

4.4.5 Teränvaihto

Teränvaihto on viidenneksi suurin häiriösy. Päivittäin tehdään suunniteltu teränvaihto ruokatauon aikana kello 10.00–10.30, joten tätä aikaa ei luokitella häiriöksi. Suunnitellun teränvaihdon lisäksi kolmen kuukauden aikana tapahtui suunnittelematonta teränvaihtoa yhteensä 1857 häiriöminuuttia, joka tarkoittaa keskimäärin yli 10 tuntia kuukaudessa. Maaliskuussa 2016 teränvaihdosta johtuvia häiriöitä oli 1003 minuuttia ja häiriöt olivat 50-prosenttisesti jakosahasta johtuvia. Kesäkuussa eniten häiriöitä teränvaihdosta aiheutui ykköspyörösahalla (YPS) yhteiskeston ollessa 111 min. Osuus muihin kohteisiin verrattaessa oli 40,2 %. Joulukuussa taas teränvaihdosta aiheutui eniten häiriöitä jakosahalla kokonaiskeston ollessa 325 min, joka on 56,2 % kaikista kohteista. Yhteenvedosta näemme, että jakosaha on suurin häiriöiden aiheuttaja teränvaihdon osalta (KUVIO 24).



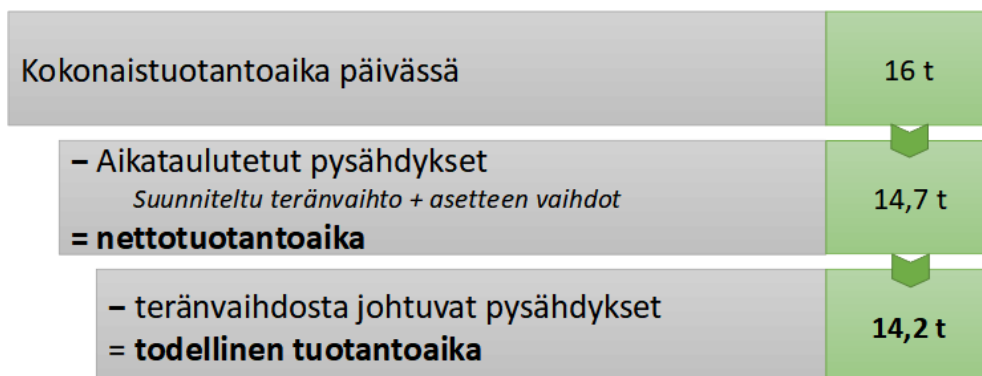
KUVIO 24. Yhteenvedo teränvaihdon kohteista

4.5 Ongelman asetus

Häiriötietojen analysoinnin tuloksena päätimme ottaa projektiksi asetteenvaihdon, sillä se täyttää Six Sigma –projektille annetut kriteerit. Yhteenvedosta näimme, että asetteenvaihto pysäyttää sahalaitoksen

toiminnan keskimäärin 16 tunniksi kuukaudessa ja on siten merkittävä työvaihe sahan tuottavuuden kannalta. Asetteenvaihto on myös työnä sopivan käytännönläheinen, koska työvaiheesta vastaavat yksittäiset työntekijät.

Yrityksen tuotantopäällikön toive oli tutkia teränvaihdon häiriöitä, koska vaihdon ajalliset erot riippuvat ennakkotietojen mukaan eniten vaihdon suorittajasta. Asetteenvaihto ja teränvaihto sisältävät suurilta osin saman työprosessin, joten valitsemalla asetteenvaihdon projektin aiheeksi, tutkisimme samalla myös teränvaihtoprosessia ja työntekijöiden osuutta vaihteluun. Teränvaihdon kohteita tutkivasta Pareto-kaaviosta saimme selville, että jakosaha aiheuttaa eniten teränvaihdon häiriöminuutteja (KUVIO 24). Tämän perusteella otimme jakosahan asetteen- ja teränvaihdon tutkintakohteeksi. Asetteen- ja teränvaihdolla on suora vaikutus sahalaitoksen tuottavuuteen, sillä aikataulutetut pysähdykset (suunniteltu teränvaihto 0,5 t/pv, asetteenvaihto keskimäärin 0,8 t/pv) sekä teränvaihdon häiriöistä johtuvat pysähdykset (ka. 0,5 t/pv) pienentävät kokonaistuotantoaika päivittäin keskimäärin 1,8 tuntia eli 108 minuuttia (KUVIO 25). Viikkotasolla tämä tarkoittaa yhdeksän tunnin menetystä teholliseen työaikaan.

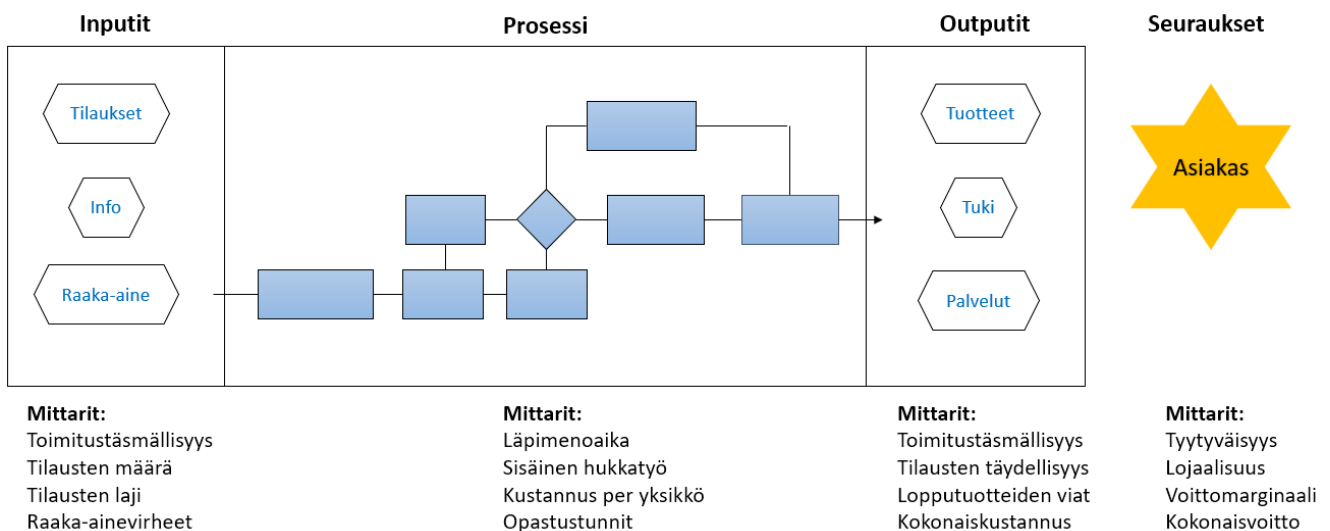


KUVIO 25. Asetteen- ja teränvaihdon tuotannollinen vaikutus.

Projektin määrittelylomakkeeseen (LIITE 1) kirjasimme ongelmanasetukseen ”Asetteenvaihto sahalla pysäyttää tuotannon kuukaudessa 16 tunnin ajaksi” ja tavoitteeksi ”Lyhentää asetteenvaihdosta johtuvaa aikaa 15 %”. Projektimme parannettava asia, eli Y, on siis häiriöaika. Määrittelylomakkeeseen kirjasimme myös alustavan aikataulusuunnitelman. Projektin osakkaita, eli siihen liittyviä henkilöitä olivat meidän lisäksi opinnäytetyömme ohjaaja, sahan tuotantopäällikkö sekä sahan työntekijät. Projektin laajuus määriteltiin opinnäytetyön laajuutena, joka on yhteensä noin 20 työviikkoa.

5 MITTAUSVAIHE

Mittausvaiheessa on kaksi päätavoitetta: ensimmäinen on ongelman olemassaolon todentaminen keräämällä lisäinformaatiota ja toinen on mittauksen luotettavuuden varmentaminen. Mittausvaiheeseen kuuluu myös prosessin nykyisen suorituskyvyn ja sen input-riskien arviointi. Ongelman todentamiseksi kerätään lisäinformaatiota prosessista, jossa työkaluina voidaan käyttää esimerkiksi SIPOC-kaaviota, Syy & Seuraus -matriisia tai Input/Output-analyysiä. Prosessin input-riskien arvioimiseksi voidaan käyttää vika- ja vaikutusanalyysi (FMEA). Tavoitteena on dokumentoida nykyinen prosessivirta ja muuttujat, sekä määrittää suorituskyvyn perustaso. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 47)



KUVIO 26. SIPOC-prosessin kuvaus ja mittaukset (mukaillen Karjalainen & Karjalainen 2002, 47.)

Mittauksen luotettavuuden varmentaminen tehdään arvioimalla mittaustapaa ja sen suorituskyyä. Samalla mietitään mittausjärjestelmän kehitystarpeita. Mittauksen tulisi pystyä havaitsemaan prosessista kuusi sigmaa ja mittausvirheen tulisi olla alle 10 % pienimmästä toleranssivälistä ja/tai tutkittavan prosessin hajonnasta. SIPOC-prosessin kuvaus ja mittaukset -kuvioista voidaan nähdä, että prosessin mittauksille on kolme pääkategoriaa: inputit (sisääntulot), prosessi sekä outputit (ulostulot) ja seuraukset (KUVIO 26). Sisääntulot eli prosessiin vaikuttavat tekijät muuttavat ulostuloa. Huonoon ulostuloon voivat siis olla syynä huonot sisääntulot. Prosessi-kategoriaan kuuluvat asiat, jotka voidaan jäljittää ja mitata. Näiden asioiden perusteella voidaan jäljittää ongelman juurisyytä. Kolmantena on ulostulot ja seuraukset. Ulostulot kuvastavat prosessin välittömiä lopputuloksia, joita mitattaessa saadaan selville mm.

toimitustäsmällisyys ja viat, kun taas seurauksien mittaus kertoo pidempiaikaisista vaikutuksista kuten tuotto ja tyytyväisyys. (Karjalainen & Karjalainen 2002 47-48.)

Mittausvaiheen tuloksia:

- Alustavat suorituskykymääritykset (sigma-tasot, Cp) asiakkaille (Y).
- Rajattu ongelma ja kuva sen laajuudesta.
- Mittauksen suorituskyvyn määrittely.
- Ongelman lausuman muutos tilastolliseksi ongelmaksi, joka kertoo, onko Y:n keskiarvoa nostettava tai laskettava hajonnan pienentämiseksi.

(Karjalainen & Karjalainen 2002, 47-48.)

5.1 Mittausjärjestelmän arviointi ja kehitystarpeet

Sahan toiminnanohjausjärjestelmä kerää minuutin tarkkuudella tietoa sahan keskeytyksistä sahureiden ilmoittamien tietojen mukaisesti. Alle kahden minuutin pysähdykset eivät vaadi sahureilta toimia, sillä ne siirtyvät järjestelmään automaattisesti syykoodilla ”Kesto alle minuutti”. Kaikki muut häiriöt on sahureiden kuitattava ilmoittamalla häiriön syy, esimerkiksi ”puu jumissa” tai ”ruuhka”, ja tälle syyille merkitään kohde, eli missä häiriö esiintyy, esimerkiksi ”jakosaha”. Asetteisiin liittyviä syykoodeja ovat asetteenvaihto, asetteen korjaus ja asetteen mittaus. Haastatteleamalla sahureita saimme selville, että syykoodeja ei ole tarpeeksi ja aina ei ole selvää, mitä syykoodia tulisi käyttää. Syykoodien käytöstä ei ole ohjeistusta, joten todennäköisesti epäselvissä tapauksissa syykoodien käyttö ei ole sahureiden välillä myöskään yhtenäistä. Häiriöiden kirjaamisessa olisi myös hyvä olla käytettävissä vielä yksi sarake tarkentavia tietoja varten. Esimerkiksi mekaanisista häiriöistä puuttuu oleellista tietoa, sillä häiriöjärjestelmästä selviää mekaanisista häiriöistä pelkkä kohde, eli missä laitteessa häiriö esiintyi. Häiriöiden syihin ei päästä käsiksi eikä niitä voida tutkia ilman tarkempia tietoja.

Saimme häiriötiedot sahan mittausjärjestelmästä Excel-taulukon muodossa. Aluksi Excel-taulukkoa täytyi muokata, jotta tiedot saatiin analysoitavaan muotoon. Suurin ongelma oli, että päivämäärälle ei ollut omaa saraketta, vaan sarakkeet *alkuaika* ja *loppuaika* sisälsivät sekä päivämäärän että kellonajan.

Joissakin riveissä taas *alkuaika*- ja *loppuaika*-sarakkeissa näkyi ainoastaan päivämäärä ja kellonajat olivat pudonneet alemmalle riville, joka aiheutti sen, etteivät yhden häiriön kaikki tiedot sijainneet enää samalla rivillä. Muokkasimme taulukkoa niin, että päivämäärällä oli oma sarake ja yhden häiriön kaikki tiedot saatiin näin samalle riville.

Häiriöjärjestelmän yksi suurimmista epävarmuustekijöistä on alle kahden minuutin häiriöt, jotka kirjautuvat järjestelmään hieman harhaanjohtavalla syykoodilla ”kesto alle minuutti”. Ne ovat myös tilastojen mukaan sahan yksi suurimmista häiriönaiheuttajista: tarkasteluukausien aikana kyseiset häiriöt muodostivat jopa 17-19 % kaikista sahan häiriöistä. Ongelman todellista suuruutta ei voida kuitenkaan sanoa, sillä häiriöjärjestelmä asettaa kaikille alle kahden minuutin häiriöille kestoksi minuutin, vaikka yksittäisen häiriön kesto on todellisuudessa jotain 1 – 119 sekunnin väliltä.

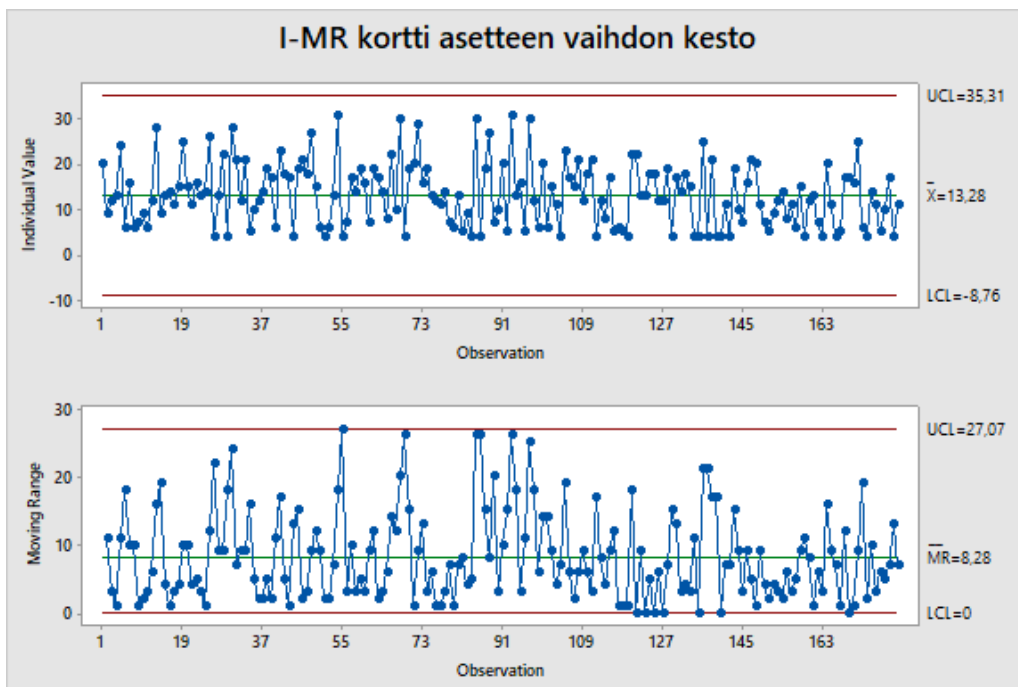
Huomasimme myös yhden häiriöjärjestelmän ominaisuuden, joka tulee ottaa huomioon analysoitaessa toiminnanohjausjärjestelmästä saatuja häiriötietoja. Häiriötietoja kerätään erikseen sahan eri tuotantovaiheista, kuten sahalaitoksesta, dimensiolaitoksesta ja rimoituksesta. Nämä vaiheet ovat kuitenkin välittömässä yhteydessä toisiinsa, joten kun yhdessä vaiheessa tapahtuu häiriö, aiheuttaa se ongelmia myös muissa vaiheissa. Esimerkiksi jos dimensiolaitoksella puutavaran lajittelulokeristot ovat täynnä ja toiminta pysäytetään lokeristojen tyhjentämisen ajaksi, aiheuttaa se ruuhkahäiriön myös sahalaitoksella (KUVIO 27). Dimensiolaitoksen häiriö aiheuttaa siis häiriön myös sahalaitoksen häiriötietoihin, jolloin häiriöjärjestelmän kokonaiskertymään tulee tuplamerkintä. Tämä ei kuitenkaan vääristä tilastoja, sillä häiriötiedoista ei koostu pelkästään yksi raportti, vaan jokaisesta vaiheesta saadaan erilliset raportit. Nämä muista vaiheista johtuvat häiriöt voidaan lajitella pois, kun halutaan tarkastella esimerkiksi pelkästään sahalaitoksen häiriöitä. Yksittäisiä häiriötietoja vääristävä erityistilanne voi tulla päällekkäisistä häiriöistä. Esimerkiksi tilanne, jossa sahaus joudutaan keskeyttämään teränvaihdon takia ja samaan aikaan dimensiolaitoksella tapahtuu häiriö. Teränvaihdon häiriötilanne voidaan kuitata päättyneeksi vasta dimensiolaitoksen häiriön purkamisen jälkeen, ja näin ollen teränvaihdon häiriöaika voi venyä todellisuutta pidemmäksi.



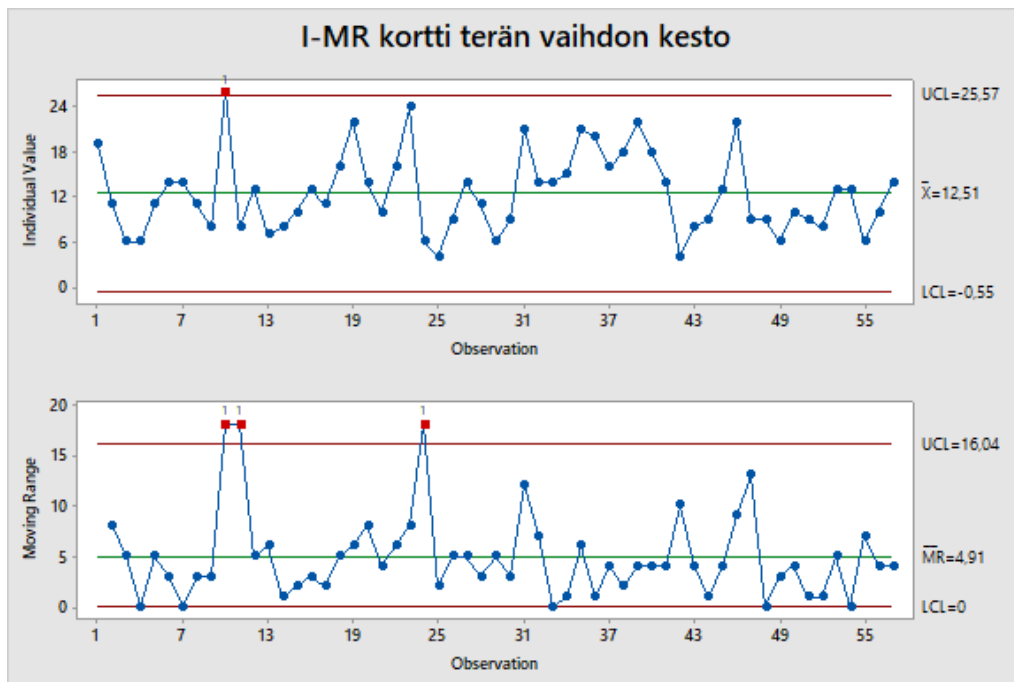
KUVIO 27. Häiriöiden välinen yhteys

5.2 Ongelman todennus ja nykyisen suorituskyvyn mittaaminen

Asetteenvaihdossa tutkinnan kohteeksi otimme jakosahan koska teränvaihdon analysoinnista näimme, että se vei eniten aikaa teränvaihdossa. Seuraavaksi tutkimme asetteen- ja teränvaihtojen kestoja ja niissä esiintyvää satunnaisvaihtelua I-MR-korttien avulla. I-MR-analyyseistä näemme, että asetteenvaihto kestää keskimäärin 13,28 minuuttia (KUVIO 28) ja teränvaihto 12,51 minuuttia (KUVIO 29). Kestoissa on normaalivaihtelua. Kaikkien kolmen tarkastelukuukausien häiriötiedot otettiin huomioon tietoja tutkittaessa. Otannasta on poistettu suurimmat erityisyydet, eli poikkeuksellisten tilanteiden aiheuttamat häiriöt. Jos vaihdoille olisi määritetty tavoiteaika, voisimme analysoida myös prosessin suorituskkyä vertaamalla vaihtelun laajuutta asetettuihin rajoihin.



KUVIO 28. Asetteenvaihdon keston hajonta



KUVIO 29. Teränvaihdon keston hajonta

6 ANALYYSIVAIHE

Analyysivaiheessa pyritään kehittämään teorioita juurisyihin, tutkia maan teorioiden oikeellisuutta ja lopuksi vahvistamaan keskeiset juurisyöt ongelmaan. Tiivistetysti tavoite on tutkia potentiaalisten input-muuttujien (x) vaikutus ulostuloon (Y) ja määrittää, mitkä niistä ovat merkittävimpiä. Ulostulona saadaan priorisoitu lista ongelman syistä. Vaihe aloitetaan kehittämällä fokusoitu ongelmanasetus, jonka tarkoitus on rajata ongelma ja näin vähentää muuttujien määrää. Tarkennetun ongelmanasetuksen pohjalta pyritään tunnistamaan potentiaaliset juurisyöt käyttäen prosessi- ja/tai data-analyysia. Prosessianalyysi tutkii prosessia yksityiskohtaisesti ja sitä käytetään, kun halutaan tutkia monimutkaista ongelmaa, esimerkiksi jalostamatonta työtä eli hukkaa. Data-analyysit tehdään kerätystä raakadatasta, josta pyritään löytää piirteitä, jotka auttavat paikantamaan ongelman ja selittämään, miksi ja milloin se syntyy. (Karjalainen & Karjalainen, 2002 48, 126)

Ongelman keskeiset juurisyöt pyritään tunnistamaan käyttämällä esimerkiksi aivoriihiyöskentelyä, hypoteesitestausta, tai syy-seurauskaaviota. Teoriat potentiaalisista juurisyistä organisoidaan käyttämällä erilaisia graafisia työkaluja ja tilastollisia analyyseja, jotka auttavat löytämään todennäköiset ulostulot eli Y:tä ohjaavat tekijät (x), tai vähintään hahmottamaan tekijöiden eli x:ien luonnetta. Graafisia työkaluja ovat esimerkiksi histogrammit, korrelaatio- ja regressioanalyysit, pareto-kaaviot ja monilaatikkopiirrokset (Boxplot). (Karjalainen & Karjalainen 2002, 126, 149).

Juurisyyille eli kausaliteetille on kolme ehtoa:

1. On oltava järkevä selitys syyn ja ilmiön välillä.
2. Olosuhteen muuttuessa syy pysyy edelleen syynä, eli muutos syyssä muuttaa ulostulot.
3. Muiden ulkopuolisten potentiaalisten tekijöiden sekoittava vaikutus on voitava poistaa todistettaessa juurisyytä. (Malinen 2017.)

6.1 Tarkennettu ongelmanasetus

Tarkennettu ongelmanasetus tehdään, jotta voidaan varmistaa, että ongelman luonne tunnetaan mahdollisimman tarkasti ja näin ollen osataan käyttää aikaa ja resursseja mahdollisimman tehokkaasti. Ei ole

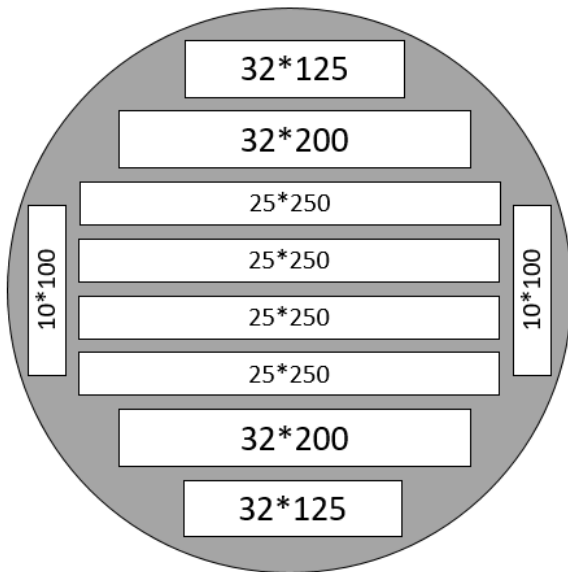
olemassa määrittelyä, joka kertoisi milloin ongelmanasetus on tarpeeksi määritelty, mutta fokusoidun ongelmanasetuksen tulisi vastata seuraaviin kysymyksiin:

- Mikä on ongelman luonne?
- Missä ongelma esiintyy?
- Milloin ongelma tapahtuu?
- Ketä ongelma koskee?

(Malinen 2017.)

Määrittelyvaiheessa loimme ongelman asetuksen ”Asetteenvaihto sahalla pysäyttää tuotannon kuukaudessa 16 tunnin ajaksi” ja tavoitteeksi kirjasimme ”Lyhentää asetteen vaihdosta johtuvaa aikaa 15 %”. Ongelman asetus on selkeä eikä sitä ollut tarvetta muokata, mutta ongelman luonteen tutkimiseksi ja sen esiintymisajankohtien määrittelyä varten keräsimme lisätietoa ongelmasta ja siihen sisältyvästä prosessista.

Asetteenvaihdossa tutkinnan kohteeksi otimme jakosahan, koska se vei eniten aikaa teränvaihdossa (KUVIO 24). Jakosaha leikkaa profiointikoneelta tulleen pelkan asetteen mukaiseksi sahatavaraksi. On loogista, että jakosaha on teränvaihdossa eniten aikaa vievä kohde, sillä jakosahassa on asetteesta riippuen useita, kolmesta seitsemään pyöröterää, jotka vaihdetaan kaikki kerralla. Sama prosessi liittyy myös asetteenvaihtoon, mutta teränvaihdosta poiketen asetteenvaihdossa täytyy sahurin lisäksi luoda uusi asete lisäämällä tai vähentämällä terien määrää ja/tai säätää terien sijaintia välirenkaiden avulla. Uuden asetteen luominen vaatii sahurilta osaamista, sillä terien sijainnit on laskettava ja säädettävä tarkkaan asetteen mukaisiksi. Jakosahaan tulevat pyöröterät ovat paksuudeltaan 4,2 mm ja terien väliin asetetaan teräohjaimet tukemaan terää molemmin puolin. Lisäksi käytetään tarkkamittaisia ohjainrenkaita säätämään terien sijaintia. Kuviossa 30 on esimerkki asetteesta, johon tulee seitsemän pyöröterää.



KUVIO 30. Esimerkki jakosahan asetteesta

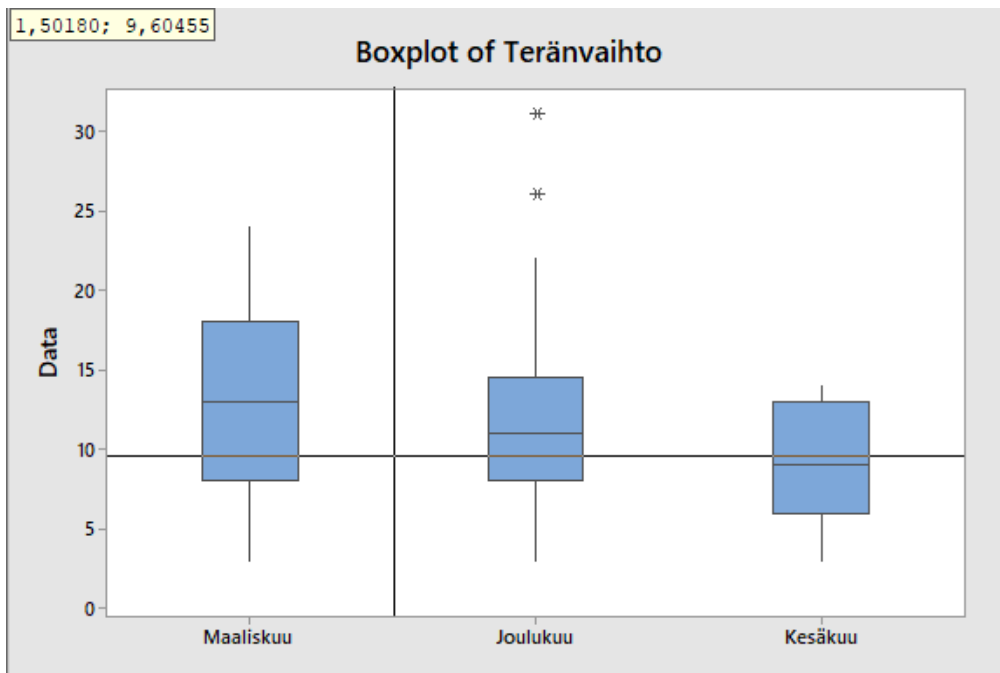
Asetteen- ja teränvaihtoa tutkimme videoimalla eri tekijöiden suorittamia vaihtoja. Pyysimme tekijää suorittamaan vaihdon hänelle normaalilla tavalla ja nopeudella. Videoista oli hyvä ottaa ylös erilaisia vaiheajoja sekä palauttaa mieleen tekijöiden välisiä eroja. Yksi silminnähtävä eroavaisuus tekijöiden välillä oli, että toiset käyttivät enemmän aikaa terien ja ohjainten puhdistamiseen sahanpurusta ja muusta liasta. Terien ja ohjainten puhtaus on tärkeää, sillä pinttynyt pihka tai ruoste kiinnityspinoissa voi pitkällä aikavälillä vaikuttaa sahatavaran dimensioihin. Puhdistuksen laiminlyöminen aiheuttaa myös lian pinttymisen ja näin ollen puhdistuskin tulee viemään enemmän aikaa. Oli myös huomattavissa, että asetteen suunnittelu ja keskiterän säätö vaativat hetkittäin miettimistä vähän uudemmilla työntekijöillä. Jakosahan asetteenvaihtoon kuuluvat seuraavat työvaiheet:

1. Telojen säätö
2. Luukun avaus
3. Puhdistus paineilmalla
4. Vanhan asetteen purku
5. Puhdistus paineilmalla
6. Uuden asetteen kokoaminen
7. Vesitesti
8. Keskiterän säätö
9. Luukun sulkeminen

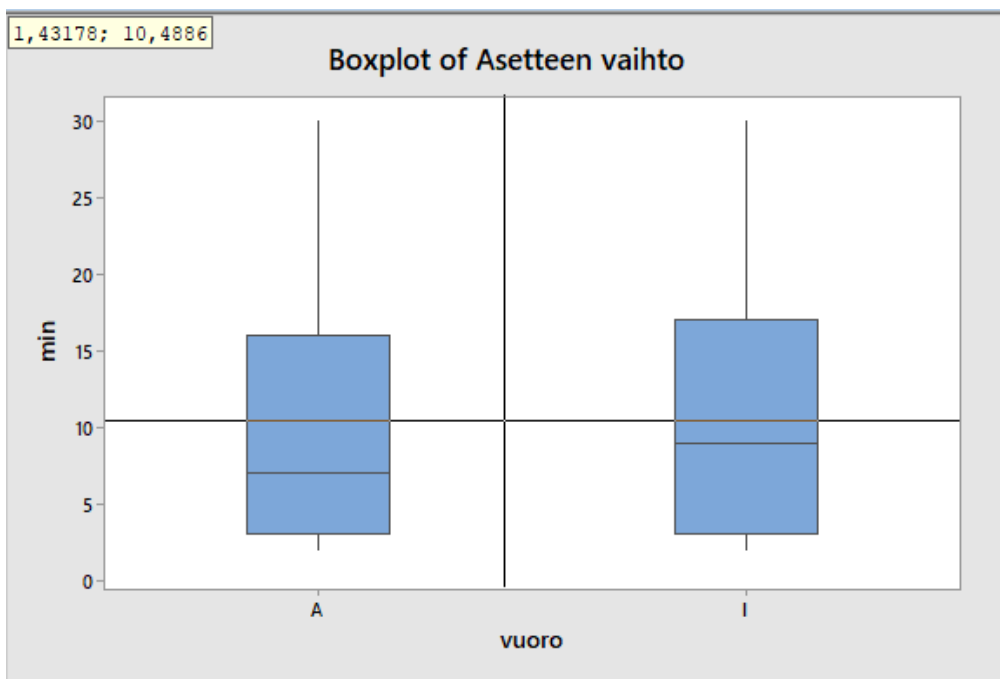
Häiriöiden esiintymisajankohtaa tutkimme vertailemalla, oliko kuukausien tai vuorojen välillä eroja jakosahan asetteen- ja teränvaihdon kestoissa. Tässä käytämme Boxplot-kuviota, jota käytetään vaihtelun ja keskittymisen havaitsemiseksi (Karjalainen & Karjalainen 2002, 151). Boxplot-kuviossa laatikkopiirrokset sisältävät 50 % muuttujan jakaumasta. Laatikon keskiviiva esittää mediaania ja laatikon reunat ylä- ja alakvartiilia. Laatikosta ulottuvat ”viikset” kuvaavat vaihtelua, ja niiden päät kuvaavat siis pienintä ja suurinta havaintoa. Jos vaihteluun sisältyy erityyppisiä, ne esitetään tähtimerkintänä janan ulkopuolella. (Mamia 2005.).

Boxplotin analysoimisessa käytämme apuna Minitab-ohjelmistosta löytyvää Crosshairs-toiminto. Toiminto näyttää tähtäimeltä Boxplot-ruudulla ja sen avulla tiedämme, missä kohtaa koordinaatistoa liikumme. Boxplot ei itsessään kerro, onko mittauskohteiden välisellä vaihtelulla tilastollista poikkeavuutta. Toiminnon avulla voidaan kuitenkin suuntaa antavasti tarkastella kohteiden välisen vaihtelun suuruutta. Hyvänä nyrkkisääntönä voidaan pitää, että mitä selkeämmin tähtäimen vaaka-akseli menee jokaisen mittauskohteen (laatikon) kautta, niin sitä pienempi mahdollisuus on kohteiden välisen vaihtelun tilastolliselle merkitykselle.

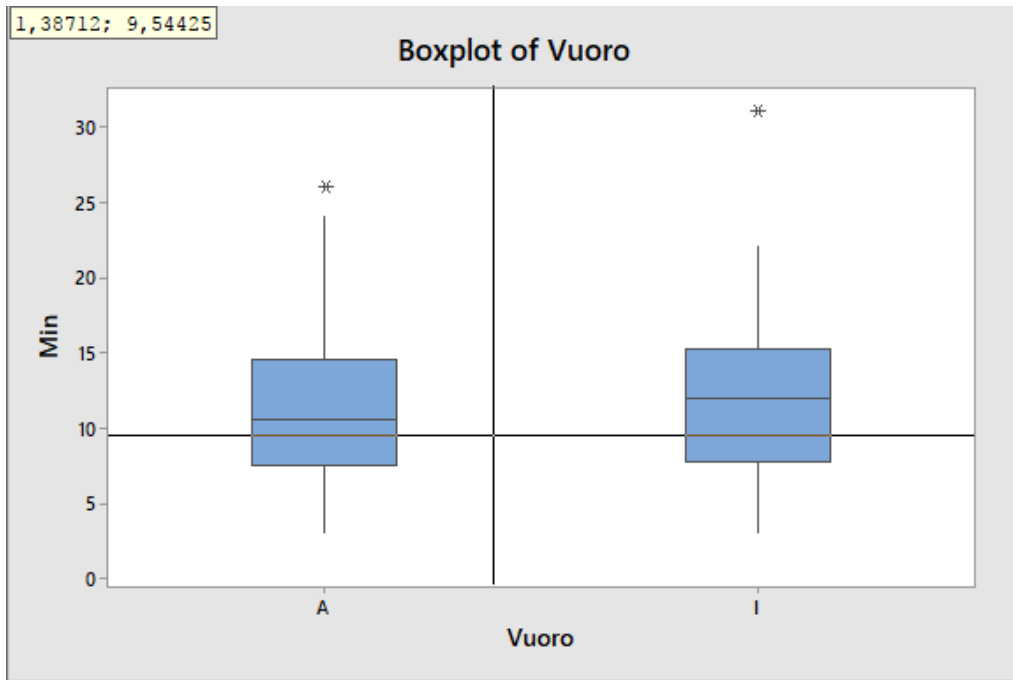
Kuviosta 31 selviää, että teränvaihdossa kesäkuukauden ja talvikuukausien välillä ei ole tilastollista merkitystä (KUVIO 31). Talvisahauksessa terät ovat suuremmassa rasituksessa jäisen puun vuoksi ja näin ollen teränvaihdon tarve kasvaa, mutta tämä ei kuitenkaan aiheuta merkittävää tilastollista poikkeavuutta. Kuvioista 32 ja 33 näemme, että asetteen- ja teränvaihdon häiriöminuutteja on kertynyt iltavuoroissa enemmän. Kuvioissa on huomioitu kaikkien kolmen tarkastelukuukauden häiriötiedot. Tutkimme asiaa lisää ja vertasimme vuorokohtaisesti häiriöminuutteja häiriöiden yhteismääriin ja näimme, että häiriöt ovat kuitenkin ajallisesti kestäneet keskimäärin yhtä kauan aamu- ja iltavuoroissa. Vuorolla ei myöskään ole vaikutusta tilastollisen merkittävyyden kannalta.



KUVIO 31. Boxplot teränvaihdon kestoista kesä-, jouluku ja maaliskuussa



KUVIO 32. Boxplot vuorojen välisistä eroista asetteenvaihdossa



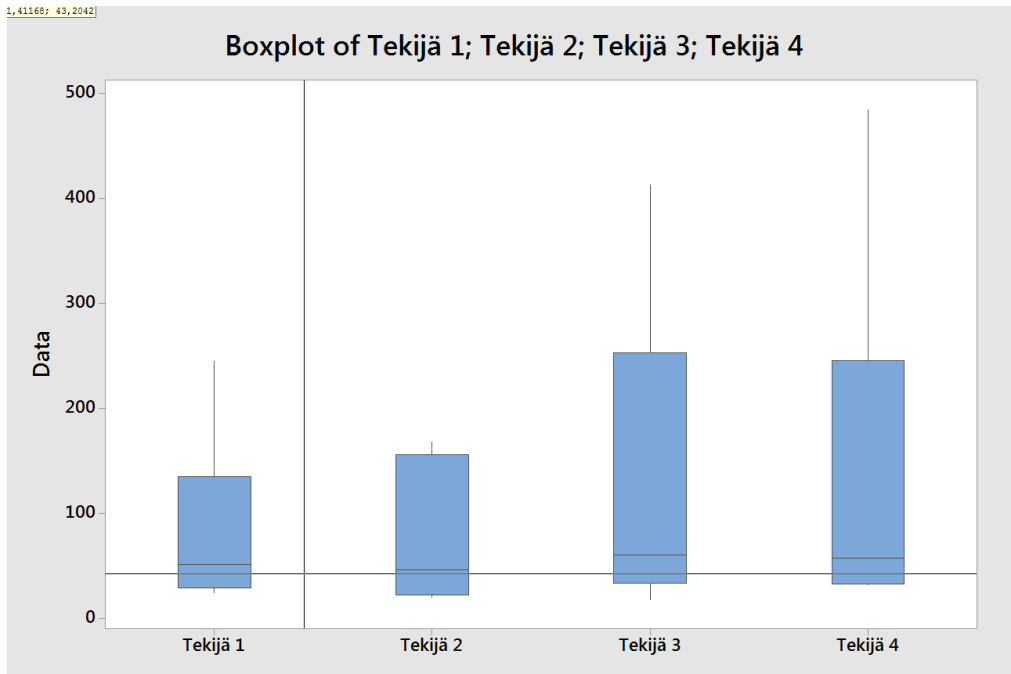
KUVIO 33. Boxplot vuorojen välisistä eroista teränvaihdossa

6.2 Hypoteesitestausta ja regressioanalyysi

Kun potentiaaliset juurisyyt on tunnistettu, siirrytään hypoteesitestaukseen, jossa potentiaalisten juurisyiden pohjalta luodaan hypoteesi ongelmaan johtaneista syistä ja suunnitellaan testin tämän hypoteesin tulkitsemiseksi. Hypoteesi pyritään vahvistamaan tai kumoamaan tilastollisilla analyyseilla kuten ANOVA ja regressio. ANOVA:n avulla voidaan vertailla usean muuttujan keskiarvoja tilastollisen merkittävyyden määrittelemiseksi ja regressioanalyysi havaitsee, onko ulostulon ja jonkun sisäänmenomuuttujan välillä yhteyttä (Tanja Karjalainen 26.10.2016.). Analyysien avulla toteen näytetyt vaikuttavat tekijät voidaan optimoida seuraavassa parannusvaiheessa käyttäen koesuunnittelua DoE- (Suunniteltuja kokeita) ja vastepintakokeita. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 51)

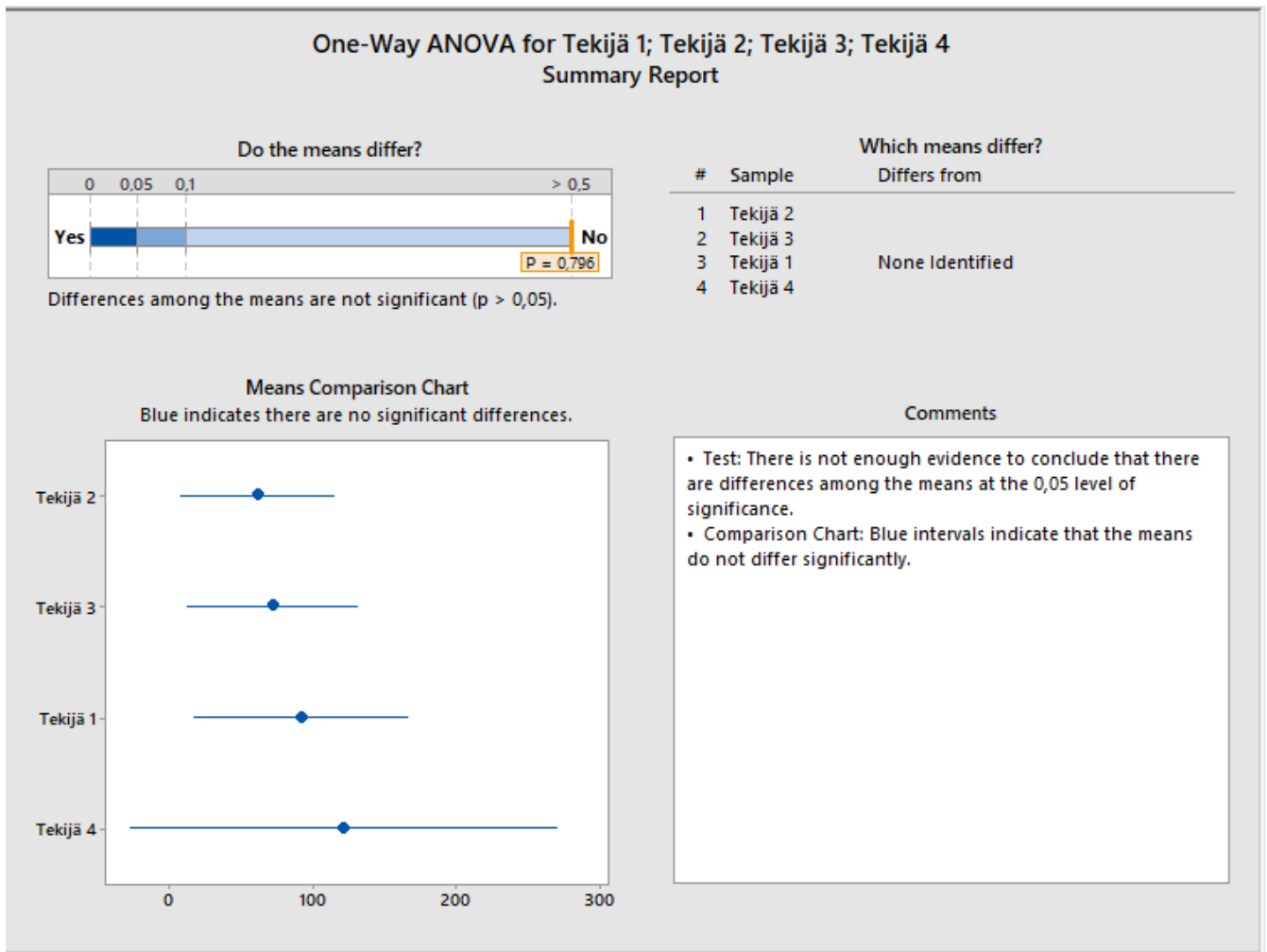
Edellisessä vaiheessa pidimme potentiaalisena ulostuloon (vaihdon kesto aikaan) vaikuttavana tekijänä vaihdon suoritustapaa. Asian tutkimista varten loimme oletuksen vastaisen nollahypoteesin, jonka mukaan vaihtelu terän- ja asetteenvaihdossa ei ole tekijästä johtuvaa. Tutkimuksen avulla selvitimme, voidaanko tämä nollahypoteesi kumota ja näin ollen vahvistaa, että tekijä todella aiheuttaa tilastollisesti

merkittävää vaihtelua asetteen vaihdon keston. Tekijöiden välisiä eroja tutkimme videoimalla eri tekijöiden suorittamia vaihtoja ja tässä vaiheessa käytämme tutkinnasta saatuja aikoja. Neljän eri tekijän suorittamia vaihtoajoja vertailemme Boxplot-kuvion avulla.



KUVIO 34. Boxplot tekijöiden välisistä eroista

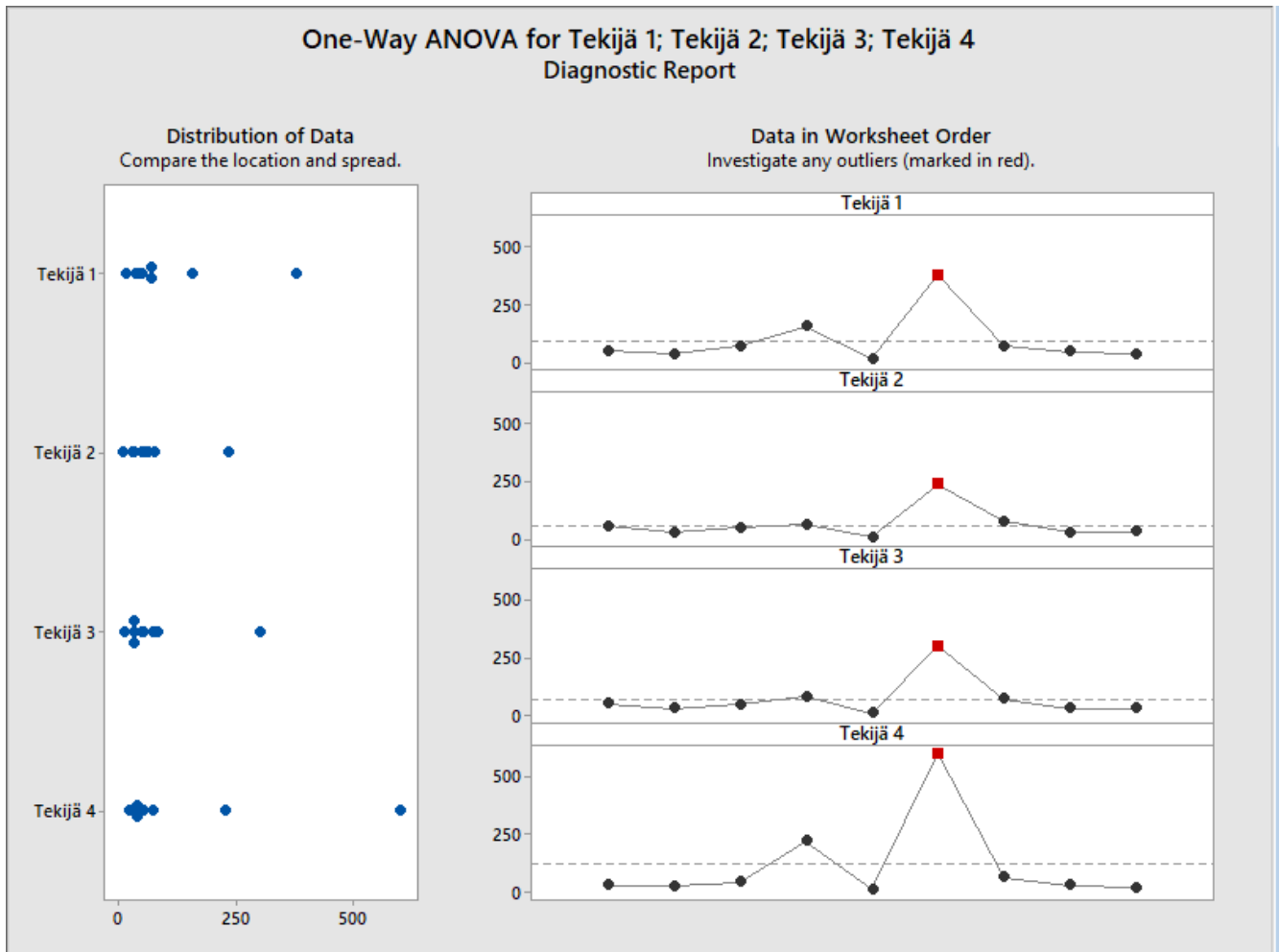
Boxplot-analyysistä voimme nähdä, ettei tekijöiden välisellä vaihtelulla ole tilastollista merkitystä (KUVIO 34). Boxplotista saadut tulokset pyrimme todentamaan yksisuuntaisen ANOVA-varianssianalyysin avulla. ANOVA:n avulla saadaan myös tietää, kuinka tarkat tulokset kyseisillä näytteidenottomäärillä voidaan saavuttaa ja mikä on analyysin tarkka p-arvo. P-arvoa käytetään määrittämään, onko mittauskohteiden väliset erot merkittävästi suurempia, kuin satunnaisvaihtelu (Kyllä, jos $p < 0,05$). (Malinen 2017).



KUVIO 35. Yksisuuntainen ANOVA-koe tekijöiden välisistä eroista

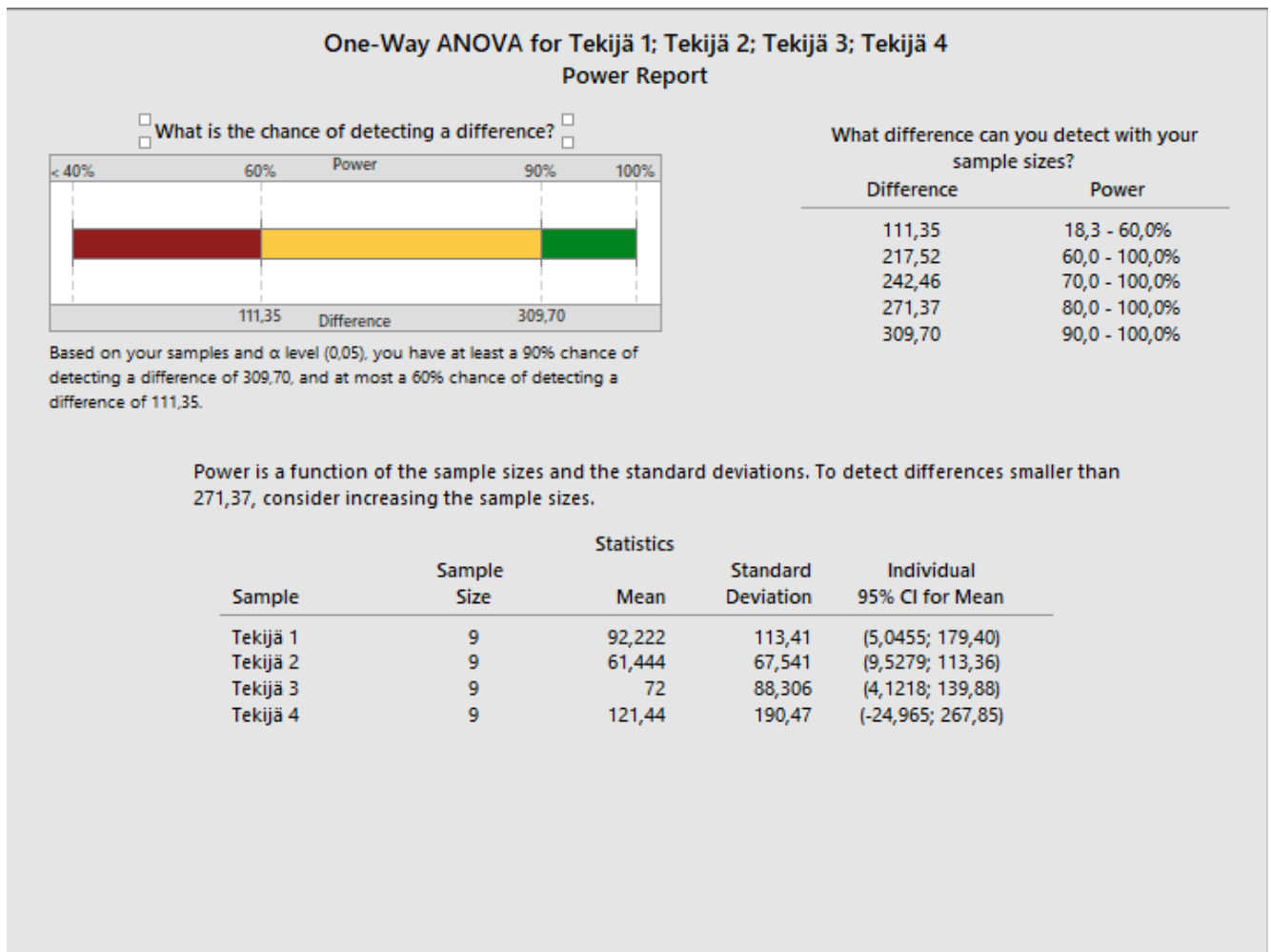
Yksisuuntaisen ANOVA-kokeen mukaan tekijöiden välillä ei ole tilastollista merkitystä ($P = 0,796$), mikä vahvistaa nollahypoteesin, jonka mukaan vaihtelu terän- ja asetteen vaihdossa ei ole tilastollisesti merkittävää (KUVIO 35). Kuvion vasemmalta puolelta nähdään graafisesti eri työvaiheiden välinen hajonta ja oikealla puolella on esitetty työvaiheiden välinen vaihtelu. Työvaiheet 1–9 on kuvattu edellisessä luvussa 7.1. Vaihtelua kuvaavassa kuviossa punaisella merkitty piste tarkoittaa keskiarvosta poikkeavaa arvoa/tilastollista merkittävyyttä, johon olisi kokeen mukaan syytä kiinnittää lisähuomiota.

Punaisella pisteellä merkitty kuudes työvaihe on analyysissä uuden asetteen kasaaminen, johon parannusvaiheessa tulisi kiinnittää erityishuomiota sen ollessa keskiarvosta merkittävästi poikkeava ja eniten aikaa vievä työvaihe. Hieman yllättävästi tekijän 4 suorittama asetteenvaihto ei ollut tilastollisesti merkittävä, vaikka hän teki asetteenvaihtoa ensimmäisiä kertoja ja uuden asetteen kokoamisessa hänellä kesti lähes puolet kauemmin kuin muilla.



KUVIO 36. ANOVA-kokeen tuloksia

ANOVA:sta saadaan selville myös näytteenottomäärän teho (KUVIO 36). Näytteenottomäärällä on suora yhteys mittaustulosten luotettavuuteen ja tässä tapauksessa sen avulla saadaan selville, onko meillä mittaustuloksia riittävästi. Kuvio 36 näemme, että 310 sekunnin tilastolliset erot tunnustetaan tämän hetkellä näytteenottomäärällä 90–100 %:n varmuudella, kun taas 111 sekunnin tilastolliset erot 18–60 %:n varmuudella. Tämä tarkoittaa, että tekijän 2 kohdalla uuden asetteen kasaamisen tilastollinen merkitys on nykyisellä näytteenottomäärällä 60–70 %:n varma (kesto 233 sekuntia), kun taas muiden tekijöiden kohdalla se pitää 80–100-prosenttisesti paikkaansa (kesto vähintään 300 sekuntia). Mittaus on meille riittävän luotettava, koska neljästä tekijästä kolmen kohdalla mittaus pitää nykyisellä näytteenottomäärällä vähintään 80-prosenttisesti paikkaansa.



KUVIO 37. ANOVA-kokeen tarkkuus ja näytteenottomäärän tehokkuus

7 PARANNUSVAIHE

Kun mittaus- ja analyysivaihe on suoritettu, on seuraavana vuorossa parannusvaihe. Tässä vaiheessa hyödynnetään mittaus- ja analyysivaiheen viittauksia potentiaaliin ydin- ja juurisyihin ja lähdemme kokeilemaan sekä soveltamaan ratkaisuja. Parannusvaiheeseen liittyy olennaisesti koesuunnittelu, jossa tehdään erilaisia kokeita vaihtelun pienentämiseksi ja prosessin optimoimiseksi. Onnistuneen parannusvaiheen ulostulona on testatut toimenpiteet, jotka pienentävät tai eliminoivat tunnistamamme ongelman juuri- ja ydinsyiden vaikutukset. Saamme onnistuneesta parannusvaiheesta myös suunnitelman, jonka avulla saavutettujen tulosten arviointi ja soveltaminen tapahtuvat seuraavassa vaiheessa eli ohjausvaiheessa. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 51-52)

Six Sigma -menetelmässä ydin on kuuden sigman laatutason saavuttaminen ja tässä olennaisinta on, miten parannus ja optimointi tapahtuvat. Aikaisemmin puhuttiin vaihtelun määrän merkitsevän prosessin suorituskyyä, joten näin myös kuuden sigman rajoihin pääseminen edellyttää vaihtelun pienentämistä. Prosessin suorituskyyyn ollessa riittämättömällä tasolla, on vaihtelun pienentäminen sopivin ratkaisu. Vaihtelun pienentäminen tapahtuu Six Sigmassa aina toleransseja vastaan, ja Six Sigmassa hyvin oleellista on kyseisten rajojen sisäpuolella tapahtuva vaihtelun pienentäminen. Siksi toleranssirajoihin ja spesifikaatioihin on syytä kiinnittää huomiota, koska niitä ei välttämättä ole määritetty oikein. Karjalaisen (2002, 51-52) mukaan on havaittu, että 85 prosentilla toleranssirajoista ei ole mitään tekemistä asiakastyytyväisyyden tai tuotteen toiminnan kanssa. Yritysten parannusprojekteissa vaaditaan asioita, jotka eivät vastaa todellisuutta millään tasolla. Näin myös Six Sigmassa olennainen osa optimoinnista muodostuu toleranssisuunnittelusta. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 51-52).

7.1 Koesuunnittelu

Parannusvaiheessa päätarkoitus on vähentää standardipoikkeamaa kriittiseksi todistetun muuttujan osalta, jolloin hajonnan keskiarvo halutaan saattaa keskelle määritettyä spesifikaatiota tai toleranssialuetta. Tässä kohtaa tulee myös määrittää tärkeiden input-tekijöiden pää- ja keskinäisvaikutukset sekä määrittää optimitasot kyseisille tekijöille ulostulon suhteen. Aluksi tutkittavien tekijöiden lista voi olla hyvinkin laaja, mutta vähitellen koesuunnittelun avulla päästään lähelle tärkeimpiä tekijöitä. Prosessin vaikuttavia tekijöitä ja niiden keskinäisvaikutuksia voidaan tutkia koesuunnittelun avulla. Koesuunnittelussa käytetään esimerkiksi Screening-kokeita, joiden avulla vähennetään mahdollisten tekijöiden

joukkoa ja karakterisointikokeita, jotka arvioivat päätekijöitä ja niiden keskinäisvaikutuksia. Keskinäisvaikutuksilla tarkoitetaan kahden eri muuttujan yhteisvaikutusta ulostuloon. Optimointikokeet ovat monimutkaisempia ja niitä käytetään, kun etsitään prosessille optimia toimintakohtaa. Koesuunnittelua varten mahdollisia vaikuttajia tekijöitä on kerätty useista eri lähteistä, esimerkiksi FMEA:sta ja kalanruotokaaviosta tai aivoriiteknikalla. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 51-52, 163)

Koesuunnittelun avulla olisi mahdollista tutkia asetteenvaihtoa lisää. Koesuunnitteluun kuuluu seuraavat vaiheet:

1. Ongelman määrittely
2. Tavoitteen luominen ongelmalle
3. Valitaan ulostulo muuttujat
4. Valitaan sisäänmeno muuttujat (Y)
5. Valitaan sisäänmenomuuttujien tasot (x)
6. Valitaan koesuunnitelma (matriisi)
7. Kokeen toteutus ja datan kokoaminen
8. Tulosten analysointi
9. Tehdään tilastolliset johtopäätökset
10. Toistetaan tai kelpuutetaan koetulokset (konfirmaatiokoe)
11. Käytännön johtopäätösten muodostaminen
12. Toteutetaan ratkaisut

(Karjalainen & Karjalainen 2002, 163).

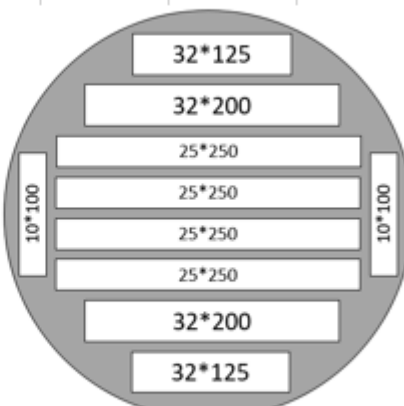
7.2 Parannusehdotukset

Analyysivaiheessa tulimme siihen tulokseen, ettei asetteenvaihdosta löytynyt tekijöiden väliltä tilastollisesti merkittäviä eroja. Tämän ja tutkimuksesta saadun kokonaiskuvan pohjalta teimme päätöksen, että koesuunnittelun sijaan lähdemme etsimään parannusta ongelmaan Leanin työkalujen avulla, esimerkiksi poistamalla työstä hukkaa ja pyrkimällä luomaan mahdollisimman hyvät olosuhteet työn suorittamiselle. Tällä hetkellä työtä on pyritty helpottamaan niin, että pyöröterät ovat teroitettuna ja valmiina sahan luona ennen asetteenvaihdon alkamista. Myös työkalut ovat hyvin järjestetty työpisteelle ennen asetteenvaihdon aloittamista. Uusia parannusehdotuksia mietimme yhdessä sahan työntekijöiden kanssa.

Kehitysideat jakosahan asetteenvaihdon helpottamiseksi:

- **Ohjainrenkaat paremmin saataville ja merkintöjen uusiminen:** Tällä hetkellä ohjainrenkaat roikkuvat työkalukaapin oven pielessä ja niissä olevat merkinnät ovat kuluneet. Hyvä järjestys ja selvästi nähtävissä olevat merkinnät nopeuttaisivat tarkoituksenmukaisen ohjainrenkaan löytämistä.
- **Laskentataulukko asetteen keskiterän säätöön:** Tällä hetkellä työntekijät laskevat päässään asetteen keskiterän sijainnin. Osa tekijöistä katsoo keskiterän paikan myös silmämääräisesti, ja tällöin riski uusintasäädölle on korkeampi. Apuna voisi käyttää yksinkertaista Excel-taulukkoa, johon asetetaan käytettävästä asetteesta sahatavaran paksuudet ja määrät, jolloin kaava kertoo tuloksena keskiterän paikan kyseiselle asetteelle. Kyseisestä taulukosta teimme esimerkin (KUVIO 38). Lisänä taulukko voisi kertoa tarvittavien ohjainrenkaiden paksuudet ja määrät. Näin tekijä saisi heti säädettyä terät asetteen mukaisiksi ja uudelleen säätämisen tarve olisi mahdollisimman vähäinen. Taulukko tulisi olla käytettävissä lähellä jakosahaa.
- **Uusi työkalukaappi työpisteelle:** Nykyinen työkalukaappi on puinen, hieman epäkuntoinen hyllykkö. Hyllyt ovat syvät, joten teräohjaimia täytyy kurotella hyllystä. Ideaalinen ratkaisu olisi liikuteltava hylly/ työtaso, jolloin sitä saisi siirrettyä lähemmäksi jakosahaa. Näin kurottelu vähenisi ja työergonomia paranisi. Kaapistossa ei ole ovia, joten hyllyyn pölisee usein sahanpurua jo kertaalleen puhdistettujen ohjaimien päälle. Kaapistossa voisi olla esimerkiksi pystysuuntainen liukuovi, joka estäisi sahanpurun pääsyn hyllykköön.
- **Pesu/puhdistuspaikka lähellä jakosahaa:** Likaiseksi pinttyneet ohjainrenkaat olisivat vaivaton liottaa puhtaaksi, jos hyllykön lähellä olisi pesu/puhdistuspaikka. Pesupaikka voisi olla työkaluhyllyn takana. Tarvittaessa puhdistuksessa voisi käyttää myös harjaspäällä varustettua poraa.
- **Paineilmatyökaluja enemmän:** Työntekijät tarvitsevat kahta paineilmatyökalua asetteen- tai terienvaihdon aikana. Paineilmaporaa tarvitaan luukun avaamista ja sulkemista varten sekä paineilmapistoolia jakosahan terien, ohjausrenkaiden ja ohjainten puhdistusta varten. Käytettävissä on kuitenkin vain yksi paineilmaletku, joten tekijät joutuvat vaihtelemaan paineilmatyökaluja edestakaisin.
- **Askelma telojen säätöä varten:** Tällä hetkellä telansäätöä varten joudutaan kiipeämään jakosahan kylkeä pitkin. Avuksi voisi hankkia sopivankorkuisen askelman helpottamaan työasentoa. Yksi työntekijän ajatus oli kiskolla liikkuvat raput, joita voisi siirtää tarpeen mukaisesti jakosahan kylkeä pitkin.

Aseta asetteeseen tulevan sahatavaran paksuudet ja määrät		
paksuudet		määrä
32	x	4
25	x	4
	x	
	x	
(mm)		(kpl)
Etäisyys keskikohtaan (mm)		128,70



**Jos asetteessa on pariton määrä lautoja, keskimmäisen laudan paksuutta ei tarvitse huomioida. Kaava laskee silloin etäisyyden keskikappalettä lähimpänä oleviin teriin.*

KUVIO 38. Laskentataulukko asetteen keskiterän säätöön

7.3 Parannuksen toteutus ja johtopäätökset

Tekemiemme kokeiden perusteella työntekijöiden välillä ei ole tilastollista poikkeavuutta asetteen vaihdon suorittamisessa. ANOVA-varianssianalyysi kuitenkin osoitti, että sen sijaan uuden asetteen kasaa-misella on tilastollista poikkeavuutta muihin asetteen vaihdon työvaiheisiin verrattuna. Parannusehdo-tuksia esitimme luvussa 9.2 ja niistä tärkeimpinä voidaan pitää toimenpiteitä, jotka kohdistuvat uuden asetteen kokoamiseen, kuten esimerkiksi laskentataulukko asetteenvaihdon keskiterän säätöön ja ohjain-renkaiden merkintöjen uusiminen. Esitämme parannusehdotukset työn toimeksiantajalle, joka voi hyö-dyntää niitä parhaaksi katsomallaan tavalla.

8 OHJAUSVAIHE

Ohjausvaiheen ensisijainen tavoite on varmistaa, että edellisessä vaiheessa saavutetut parannusratkaisut saadaan vakiinnutettua. Tätä varten prosessi täytyy standardisoida, kouluttaa työntekijät ja varmistaa, että prosessin omistajalla on tarpeellinen tieto ja taito ylläpitää parannusta. Ohjausvaihe alkaa analysoida saavutetun parannuksen vaikutuksia, mikä tehdään tutkimalla prosessin suorituskkyä ennen ja jälkeen parannuksen. Projektin onnistumista taas arvioidaan vertaamalla tuloksia asetettuun tavoitteeseen. Samalla tiimin on tärkeää pysähtyä tarkastelemaan tehtyä työtä sekä dokumentoida saavutetut tulokset ja projektista opitut asiat. Ohjausvaiheessa parannuksen vakiinnuttamiseksi käytetään työkaluja kuten ohjaussuunnitelma, ohjauskortit, laatujärjestelmät, standardisointi. Ohjaussuunnitelmaan (Control Plan) määritellään, mikä on tyydyttävä suorituskky sekä millaisia ongelmia saattaa ilmetä ja miten niihin tulisi reagoida. Parannetun prosessin suorituskkyä voidaan seurata ohjauskorttien avulla. Kortteihin on määritelty mittarit ja mittaustapa, joilla prosessin suorituskkyä seurataan. Tärkeää on valita seurantaan vastuuhenkilö. Kun parannukset ovat saatu vakiinnutettua ja on tehty kattava suunnitelma prosessin jatkuvaan seurantaan, Six Sigma DMAIC -projekti voidaan sulkea ja luovuttaa ratkaisu prosessin omistajalle. (Wiesenfelder, 2013)

Parannusvaiheen jälkeen prosessin tulisi olla stabiloitu ja yltää määrätyle tasolle ennen ohjausvaiheeseen siirtymistä. $C_p:n$, eli prosessin kyvykkyyden tulisi olla noin 2 ja $C_{pk}:n$ eli prosessin kyvykkyysindeksin tulisi olla noin 1,5. Ohjausvaihe käsitteenä tarkoittaa ongelmien ennaltaehkäisyä eli ennakoivaa ohjausta. Onnistuneen ohjausvaiheen tuloksena saadaan tulosanalyysi siitä, miten projektista suoriuduttiin, eli mikä on projektin kokonaisvaltainen liiketoiminnallinen vaikutus. Samalla saadaan Six Sigma -projektin ansiosta päivittynyt johtamisjärjestelmä sekä sen muutokset suoraan laatujärjestelmään. (Karjalainen & Karjalainen 2002, 53.)

Yksinkertaisuudessaan prosessin täydellinen kontrollointi tarkoittaa takuuta sille, että prosessin seurauksena saadaan jatkuvasti samanlaisia tuotteita ilman poikkeamia, unohtamatta kuitenkin tuotteen fyysisiä edellytyksiä ja toimintoja asiakasvaatimusten suhteen. Kontrollointi vaatii prosessin kontrollointisuunnitelman, tiimin ja tiimin kouluttamisen. Myös tilastollinen prosessinohjaus (SPC) ja muut edistyneemmän prosessin tekniikat ovat tässä vaiheessa ajankohtaisia. Taghizadegan (2006, 160) Kuvaa millaisia kysymyksiä prosessin ohjausvaihetta toteuttaessa voi nousta esiin:

- Mitkä ovat kaikista merkittävimmät inputit (x) prosessissa?
- Mitkä ovat hyvät ja tavoiteltavat nimellisarvot x:lle?
- Onko x:n arvot mitattavissa?
- Mitä toimintoja tulisi tehdä, jos x:n arvot poikkeavat suunnitellusta tavoitepisteestä?
- Jatkaako tiimi ulostulo Y:n valvomista vielä parannusvaiheen jälkeen, jos jatkaa niin miten ja kuinka usein?
- Mitä tulee tehdä, jos Y:n poikkeaa halutusta tavoitepisteestä?

(Taghizadegan 2006, 160.)

9 BENCHMARKING AVUKSI

Projektimme työosuus päättyi parannusvaiheeseen, jossa esitimme parannusehdotuksia asetteen- ja teräsvaihdon häiriökestojen lyhentämiseksi. Esitämme Häiriötietojen analysoinnin johtopäätökset ja parannusehdotukset yritykselle ja yritys voi hyödyntää tietoja parhaalla katsomallaan tavalla. Opinnäytetyömme keskittyi lähinnä häiriöjärjestelmän analysointiin sekä jakosahan asetteenvaihdon parantamiseen ja siksi olemmekin pohtineet, miten projektia tulisi jatkaa tulevaisuudessa.

Työn aikana emme saaneet selville yksittäistä syytä, joka aiheuttaa eniten häiriöitä sahalla. Tarkastelu-kuukausien tutkinnasta korostui ”kesto alle minuutti” -häiriöt, joista ei kuitenkaan ollut saatavilla tarkempaa paikkatietoa ja jotka ovat todellisuudessa kestoltaan alle kaksi minuuttia. Koemme epätodennäköiseksi, että alle kahden minuutin häiriöiden juurisyy johtuisi jostain suuremmasta linjan viasta. Työntekijöiden kanssa keskusteltuaamme selvisi, että todennäköisempi selitys alle kahden minuutin häiriöille voisi olla esimerkiksi, että puu jää jumiin linjalle, sahuri käy antamassa pienen tönäisyn tukille ja linja jatkaa pyörimistä pienen katkoksen jälkeen.

Työntekijöiden kanssa käydyistä keskusteluista saimme myös selville, että osa sahureista käyttää sahalinjaa hyvin suurella syöttönopeudella, jolloin riski puutavaran loppumiseen sahalinjalta ja sen tyhjänä pyörimiseen on suurempi. Toiset sahureista taas käyttävät sahalinjaa rauhallisesti ja tasaisella nopeudella, jolloin puutavaraa on linjalla jatkuvasti. Sahurit saavat siis itsenäisesti määrätä sahalinjan syöttönopeuden. Haastattelun jälkeen meille heräsi epäily siitä, voisiko alle kahden minuutin häiriöiden taustalla olla linjalle soveltumattoman syöttönopeuden aiheuttamat ongelmat. Sahureilla on varmasti vuosien myötä karttunutta kokemusta siitä, millaisella syöttönopeudella sahalinjaa kannattaa kullakin aseteella ja tukkikoolla pyörittää. Näin ei voida kuitenkaan olettaa jokaisen sahurin kohdalla ja kokeneenkin sahurin pelisilmä voi pettää, jolloin riski virheille eli tässä tapauksessa lisääntyville häiriöille kasvaa.

Edellä mainittujen johtopäätösten myötä päätimme tehdä benchmarkkausta, eli tutkia miten kilpailevilla sahoilla toimitaan vastaavassa tilanteessa. Saimme tietoomme, miten eräällä kilpailevalla sahalla on onnistuttu laskemaan häiriöiden määrää. Samalla huomasimme opinnäytetyökohteemme häiriöiden määrän olevan varsin korkea verrattuna kyseiseen kilpailijaan. Opinnäytetyökohteessamme häiriöiden määrä on ollut pahimmillaan kolmasosan kuukauden työpäivien täydestä työajasta asetteenvaihto mukaan laskettuna. Kyseisellä kilpailijalla on saamamme tiedon mukaan huonoina päivinä häiriöiden määrä

10–12 % täydestä työajasta asetteenvaihto mukaan laskettuna. Ero on siis melko suuri, euromääristä puhumattakaan.

Kilpailijalla suoritettiin vuoden mittainen kehitysprojekti häiriöiden laskemiseksi. Häiriömäärien laskeminen tapahtui juuri sahalinjan syöttönopeuksien ja tarkan tavoitetukkipälin laskemisen myötä. He olivat suorittaneet useita testiajoja sahalla parhaan mahdollisen ajomallin löytämiseksi kullekin aseteelle. Projektissa oli olennaista ottaa huomioon koneista johtuvat tekniset rajoitteet, jotka määrittävät tavoiteltavan tukkipälin. Sahalla oli myös tiedostettu, että jos tavoitetukkipäli kullekin aseteelle pystytään vakioimaan, tukkipälin säätäminen tarkemmaksi on jatkossa helpompaa. Kilpailevalla sahalla kartoitettiin, mitkä kaikki koneet toimivat paremmin lyhyemmällä tukkipälinillä ja mitkä taas pidemmällä.

Asetteenvaihto kilpailevalla sahalla tapahtuu käytännössä niin, että tuotannonsuunnittelija antaa sahurille paperin, jossa lukee kyseinen ajomalli, eritelty tavoitetukkipäli sekä linjan syöttönopeudet. Kilpailijan tapauksessa sahalinjan syöttörata sisältää eri osia, esimerkiksi kiihdytyskuljettimen. Optimaalisten nopeuksien löytyessä voidaan antaa ohjeita eri aseteiden nopeuksille ja tukin syötön eri komponenteille, kuten kuljettimille, annostelijoille ja portaille. Tämän jälkeen sahuri ajaa aseteen loppuun määrätyillä syöttönopeuksilla ja annetulla tavoitetukkipälinillä. Kilpailevassa yrityksessä sahurit olivat olleet olennaisessa osassa kehitysprojektia, koska heillä on kokemukseen perustuvia näkemyksiä. Toiminnan kehittämiseksi heidän ideoitaan kuunnellaan jatkuvasti. Kilpailijalla sahurit osallistuvat jatkossakin ajomallien suunnitteluun, mutta ajon aikana he eivät saa tehdä siihen muutoksia.

Kilpailija oli toteuttanut optimaalisen tukkipälin ja sahalinjan syöttönopeuksien laskemisen kullekin aseteelle Excelin avulla. Tavoitetukkipälin ja sahalinjan syöttönopeuden laskemisen voisi toteuttaa opinnäytetyökohteessamme koesuunnittelun avulla, missä tarkasteltaisiin, mitkä ovat kaikista merkittävimmät tekijät tavoitetukkipälin optimoinnin suhteen. Kilpailijalla projekti oli ollut vuoden mittainen, mutta koesuunnittelun avulla projektin voisi toteuttaa nopeammin, sillä koesuunnittelussa voidaan testata usean muuttujan vaikutusta prosessiin samanaikaisesti. Sahalinjan toimintaa valvova sahuri on samanlainen muuttuja kuin mikä tahansa muukin yksittäinen kone tai toimilaite sahalinjalla. Johdon tehtävänä on tehdä prosessista mahdollisimman stabiili, jotta sahurin ei tarvitse enää keskittyä muuhun kuin itse sahalinjan toiminnan valvontaan.

Kilpailevalla sahalla oli tehty myös investointeja 3D-skannereihin, jotka mahdollistavat mahdollisimman tarkan tukin asennon sahausvaiheessa. Skannereiden tehtävä on skannata tukin kuoreton muoto. Tämän jälkeen muoto välittyy optimointiohjelmistolle, jonka tehtävä on laskea, kuinka monta astetta

tukin tulee pyöriä mahdollisimman suoran pelkan sahaamiseksi. Laskennan jälkeen optimointiohjelmisto välittää kyseiset asteet logiikalle. Sahalinjan hyödyntäessä esimerkiksi pulssiantureita, logiikka muuttaa lasketut asteet pulsseiksi ja tämän jälkeen laskee, monta pulssia tukki on pyörinyt kullakin hetkellä. Tukin tullessa oikeassa asennossa sahakoneelle minimoidaan riskit lautojen sivuttaissuuntaisiin vinoutumiin. Skannereista oli suuri hyöty myös tavoitetukkivälin mittauksessa.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

Työn aiheena oli sahalaitoksen häiriöiden analysointi. Samalla myös tutkimme keinoja sahalaitoksella tapahtuvan vaihtelun pienentämiseksi. Työmme lähtötiedoiksi saimme sahalaitoksen toiminnanohjausjärjestelmän häiriödatan, ja kävimme myös itse tutustumassa sahan toimintaan ja työskentelytapoihin. Haastattelimme työntekijöitä ja tuotantopäällikköä, joilta saimme alustavan arvion suurimmista vaihtelun aiheuttajista. Yrityksessä oltiin tietoisia teränvaihdon aiheuttamasta vaihtelusta, jonka epäiltiin johtuvan työntekijöiden erilaisista työtavoista. Työmme jakautui DMAIC-ongelmanratkaisumallin mukaisesti viiteen eri vaiheeseen, joille on menetelmässä määritelty selkeät tavoitteet. Työmme tulokset koostuvat näiden vaiheiden tavoitteiden saavutuksista.

Määrittelyvaiheessa etsimme potentiaalisia Six Sigma -projekteja analysoimalla vuoden 2016 maaliskuun, kesäkuun ja joulukuun häiriödataa. Samalla tutkimme sen hetkisten häiriömäärien taloudellisia vaikutuksia, jotka ovat merkittävät. Häiriöihin hukataan noin yksitoista miljoonaa euroa vuodessa, joka tekee lähes miljoona euroa kuukaudessa. Häiriödatan analysoinnin tuloksista selvisi, että eniten häiriöminuutteja aiheuttaa asetteenvaihto, joka ei pohjimmiltaan ole häiriö vaan suunniteltu muutos erikoista sahatavaraa varten. Asetteenvaihdon lisäksi jatkoimme tarkastelemalla neljää muuta häiriösyitä, jotka olivat alle minuutin häiriöt, ruuhkat, mekaaniset häiriöt sekä teränvaihto. Tarkastelun tuloksena päädyimme ottamaan tutkintamme kohteeksi asetteenvaihdon, sillä katsoimme sen täyttävän Six Sigma -projektin kriteerit ja sen ohella tulisi tutkittua myös teränvaihtoprosessia joka oli sahan tuotantopäällikön kiinnostuksen kohde.

Mittausvaiheessa keskityimme arvioimaan häiriöjärjestelmää ja sen luotettavuutta. Mittausjärjestelmästä löytyikin useita heikkouksia, jotka heikentävät datan luotettavuutta. Yksi suuri tiedon puute on häiriöjärjestelmän kategoria ”kesto alle minuutti” -häiriöt, joihin lukeutuu nimestä huolimatta kaikki alle kahden minuutin häiriöt. Häiriöitä esiintyi saatujen tietojen perusteella keskimäärin 15 tuntia kuukaudessa. Häiriöiden määrä on merkittävä, mutta siihen ei kuitenkaan voida tehdä parannuksia ilman tarkempaa tiedonkeräystä. Toinen huomioitava ongelma nykyisessä tiedonkeräystavassa on, ettei sahu-reilla ole tarpeeksi syykoodeja käytettävissä. Syykoodien käyttöön ei myöskään ole luotu yhteisiä pelisääntöjä. Hyvä on myös miettiä, onko häiriöjärjestelmän nykyinen minuutin tarkkuus riittävä vai olisiko perusteltua siirtyä mittaamaan häiriöitä sekuntien tarkkuudella.

Analyysivaiheessa keräsimme lisää tietoa ongelma-alueesta ja työprosessista sekä tutkimme kuukausien, vuorojen ja tekijöiden vaikutusta häiriöihin. Tekijöiden välisiä eroja tutkimme seuraamalla paikan päällä asetteenvaihtoa ja selvitimme Minitab-ohjelmiston avulla, onko työn suoritusajan vaihtelulla tilastollista merkitystä. Vaihtoa seurattessamme huomasimme, että tekotapaan liittyviä eroja oli pääasiassa puhdistuksessa sekä tavassa säätää keskiterä oikeaan kohtaan. Ilta- ja aamuvuorojen häiriöiden vertailu osoitti häiriöitä tapahtuvan määrällisesti enemmän iltavuorossa. Lopuksi tutkimme havaintoja Boxplot-analyysin avulla. Teränvaihto määrien vaihtelulla ei ollut vuorojen tai vuodenaikojen välillä tilastollista merkitystä. Myöskään asetteen vaihdossa ei ollut tilastollista poikkeavuutta tekijöiden välillä. Tekijöiden välistä eroa analysoimme kuitenkin tarkemmin ANOVA-varianssianalyysin avulla. ANOVA-kokeen avulla saimme vielä tarkemmat tulokset siitä, ettei tekijöiden välillä ole tilastollista merkitystä asetteenvaihdossa. Kokeen avulla varmistuimme myös saamalla tekemiemme mittauksien luotettavuudesta ja saimme selville uuden asetteen kasaamisen poikkeavan tilastollisesti merkittävästi työvaiheiden keskiarvosta.

Analyysivaiheen tutkimusten pohjalta teimme päätöksen hakea parannusta asetteenvaihtoon koesuunnittelun sijaan Lean-työkalujen avulla. Parannusvaiheessa esitimme työntekijöiden kanssa mietittyjä kehitysideoita asetteenvaihtoon ja työpisteen toimivuuden parantamiseksi. Näitä olivat esimerkiksi työkaluhyllykön uusiminen, ohjausrenkaiden merkintöjen parantaminen ja laskentataulukko keskiterän/-terien laskemista varten. Ohjausvaiheen kävimme läpi pelkästään teoreettisesti, sillä parannusehdotuksia ei opinnäytetyön aikana toteuteta. Toimeksiantajamme voi hyödyntää parannusehdotuksia projektin päätyttyä parhaalla katsomallaan tavalla.

DMAIC-prosessin ohjausvaiheen jälkeen suoritimme vielä benchmarkkausta. Benchmarkkauksessa vertasimme kilpailevan sahan ja toimeksiantajayrityksemme häiriömääriä. Saimme selville toimenpiteitä, joiden avulla kilpailija oli onnistunut laskemaan häiriömääriä merkittävästi. Toimenpiteet liittyivät johtamistapaan, jonka avulla sahureiden työ pyritään tehdä mahdollisimman helpoksi suunnittelemalla kunkin asetteen ajomallit erikseen, sahureiden kehitysehdotuksia kuunnellen. Opinnäytetyökohteessamme ajomallia säättävät sahurit kokemukseensa perustuen, kun taas kilpailijalla oli toteutettu yli vuoden mittainen projekti optimaalisen ajomallien löytämiseksi eri asetteille. Kilpailevalla sahalla oli myös vedetty selkeät linjaukset, ettei linjan syöttönopeuksia tai tavoitetukkipäliä muuteta enää ajon aikana vaan sahuri suorittaa ajon loppuun asti määrättyillä nopeuksilla ja tavoiteltavalla tukkipäliä. Mielestämme tavoitetukkipälin ja linjan syöttönopeuden optimointi olisi sahan kilpailukyvyn kannalta oleellinen projekti. DoE-koesuunnittelun avulla toteutus voisi opinnäytetyökohteessamme onnistua nopeammin ja vähemmällä työllä.

Määrittelyvaiheesta asti olimme tietoisia häiriöiden tuotannollisten ja taloudellisten vaikutuksien olevan merkittäviä rasitteita sahan tuottavuuden kannalta. Tästä syystä häiriöiden vähentämisestä tulisi sahalta tehdä jatkuva projekti selkein tavoittein ja askelin. Six Sigma on hyvä menetelmä sahan häiriöiden poistamiseen, sillä se auttaa luomaan parannusprojektille selkeät suuntaviivat ja pakottaa erottamaan faktat uskomuksista. Katsomme kuitenkin seuraavan askeleen olevan määrätietoinen häiriöjärjestelmän kehittäminen. Six Sigma perustuu mittauksessa tuloksissa esiintyvän vaihtelun pienentämiseen. Prosessin mittauksen tavoitteena on varmistua vaihtelun tulevan prosessista, eikä mittauksesta. Tämä edellyttää mittausjärjestelmän/mittaustavan toimivuutta.

Toivomme, että työmme ansiosta sahan johto saisi mahdollisimman kattavan kokonaiskuvan nykyisestä tilanteesta ja tekemämme havainnot kannustaisivat jatkamaan työtä sahalinjan kehittämiseksi yhdessä työntekijöiden kanssa. Työssä meidän täytyi hyödyntää useaa erilaista osaamista päästäksemme eteenpäin. Six Sigman vaiheisiin liittyvissä kysymyksissä neuvoi opinnäytetyön ohjaaja Tapio Malinen sekä kehitysinsinööri Martti Jokinen. Häiriödatan muokkaamisessa hyödynnettävään muotoon auttoi tietojenkäsittelyn osaaja Timo Taari, ja sahalaitoksen toimintaan meidät perehdytti yrityksen tuotantopäällikkö. Lukuisiin käytännön kysymyksiin saimme tietoa sahan työntekijöiltä, joiden avulla myös parannusvaiheen kehitysideat ovat koostettu. Kiitämme myös kilpailevan sahan johtoa yhteistyöstä. Tuotantotalouden insinööreinä voimme olla vastuussa prosessien kehittämisestä, mutta tiedämme kehittämiseen liittyvän myös muita sidosryhmiä, joista yksi tärkeimmistä on työntekijät. Asiaa voidaan katsoa Leanin näkökulmasta, jonka tavoite on poistaa hukkaa: työntekijöiden osaamisen hyödyntämättä jättäminen on yksi hukan muoto.

LÄHTEET

- Karjalainen, E. 2014. Lean Six Sigma ja simulointi. Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/lean-six-sigma-ja-simulointi/>. Viitattu 4.12.2017
- Karjalainen, T & Karjalainen, E. 2002. Uuden sukupolven johtamis- ja laatumenetelmä. 1. painos. Holola: Salpausselän Kirjapaino Oy.
- Karjalainen, T. 2016. Kymmenen tilastollista Six Sigman työkalua selitettynä. Saatavissa: <http://www.qk-karjalainen.fi/fi/artikkelit/tilastolliset-tyokalut/>. Viitattu 11.12.2017
- Malinen, T. 2017. Lean Six Sigma luentomateriaali.
- Mamia, T. 2005. SPSS -alkeisopas. Saatavissa http://groups.jyu.fi/sporticus/lahteet/LAHDE24_spss.pdf. Viitattu 17.12.2017
- Opetushallitus, 2010. Sahatavaran valmistus. Saatavissa: <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuote-teollisuus/ensijalostus/sahatavaratuotanto/index.html>. Viitattu 7.1.2018
- Taghizedan, S. 2006. Essentials of Lean Six Sigma. 1. Painos. Burlington: Butterworth-Heinemann.
- Teknologiateollisuus Ry. Ahokas, P., Tiihonen, J., Neuvonen, J. & Suikki, M. 2011. Työntutkimuksen käsitteitä, menettelytapoja ja käyttökohteita. Saatavissa: https://teknologiainfo.net/sites/teknologia-info.net/files/download/Tyontutkimuksen_kasitteita_ebook.pdf. Viitattu 29.11.2017
- Wiesenfelder, H. 2013. DMAIC Phase 5: Control. Saatavissa: <http://www.brighthubpm.com/six-sigma/27134-dmaic-phase-five-thecontrol-phase/>. Viitattu 8.11.2017

DMAIC-PROJEKTIN MÄÄRITTELYLOMAKE

TIIMIN JÄSENET Inka Aitto-oja Juha Sinervä	OSAKKAAT Tuotantopäällikkö Työntekijät Opinnäytetyön työnohjaaja
LIIKETOIMINTATAPAUUS Tuotannon häiriöt	PROJEKTIN LAAJUUS 15 op + 15 op = yhteensä noin 20 työviikkoa
ONGELMAN ASETUS Asetteenvaihto sahalla pysäyttää tuotannon kuu- kaudessa 16 tunnin ajaksi.	TAVOITTEEN ASETUS Lyhentää asetteen vaihdosta johtuvaa aikaa 15 %
ALUSTAVA SUUNNITELMA	TAVOITE AJANKOHTA
ALOITUSAJANKOHTA	Helmikuu 2017
MÄÄRITTELY	Maaliskuu 2017
MITTAUS	Maaliskuu 2017
ANALYSOINTI	Lokakuu 2017
PARANNUS	Marraskuu 2017
OHJAUS	Joulukuu 2017
PÄÄTÖSAJANKOHTA	Joulukuu 2017